Aus dem Zoologischen Institut der Universität München

Über den Farbwechsel der Elritzen (Phoxinus laevis AG.)

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Edward George Healey

Bangkok (Siam)

1940

Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A.G., Würzburg

Berichterstatter: Prof. Dr. K. v. Frisch

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Juli 1939

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Sonderdruck aus
„Zeitschrift für vergleichende Physiologie", 27. Band, 5. Heft
(Verlag von Julius Springer Berlin W 9)

Inhaltsübersicht.

Seite

I. Problemstellung 545
II. Allgemeines 547
1. Haltung der Versuchstiere 547
2. Schätzung der Farbe des Fisches 547
3. Der Farbwechsel der normalen Elritze 548
4. Allgemeines über die Operationen und über die Haltung von operierten Fischen 549
III. Durchschneidung des Rückenmarks 549
1. Ausführung der Operation 549
2. Farbwechsel bei Elritzen mit durchschnittenem Rückenmark . . . 550
3. Zeitlicher Verlauf des Farbwechsels bei Elritzen mit durchschnittenem Rückenmark 552
4. Ausschaltung des Aufhellungszentrums im Rückenmark 553
5. Kontrollversuch: Durchtrennung des Sympathikus 554
a) Ausführung der Operation 555
b) Farbvorgänge nach Durchtrennung des Sympathikus 556
IV. Einfluß von chemischen Substanzen auf die Melanophoren 556
1. Einspritzung eines handelsüblichen Hypophysenpräparates . . . 557
2. Implantationsversuche 560
3. Einspritzungen frisch hergestellter Hormonextrakte von verschiedenen Hypophysen 562
4. Serumeinspritzungen 566
V. Hypophysenoperationen 567
1. Ausführung der Operation 567
2. Entfernung der Hypophyse bei Fischen mit durchschnittenem Rückenmark 568
3. Entfernung der Hypophyse bei Fischen mit normalem Rückenmark 570
VI. Einfluß der Lichtintensität 573
VII. Zur Frage der doppelten Innervation der Melanophoren 578
VIII. Zusammenfassung 583
Literaturverzeichnis 584

I. Problemstellung.

Daß die rasche Farbänderung der Fische auf das Nervensystem zurückzuführen ist, zeigte POUCHET 1876. v. FRISCH (1911/12) stellte fest, daß die Nervenbahnen, vom Gehirn kommend, im Rückenmark bis ungefähr zum 15. Wirbel verlaufen (bei der Elritze). Dort treten sie in den Sympathikus über und laufen in cranialer und caudaler Richtung, um durch die Spinalnerven die Hautchromatophoren zu erreichen.

Am Kopf innervieren sie dieselben durch eine Abzweigung in den Trigeminus (Abb. 1). v. Frisch zeigte, daß, wenn diese Nervenbahn an irgendeiner Stelle durchschnitten wird, der vom Hirnzentrum abgetrennte Körperteil rasch dunkel wird und nicht länger zum normalen Farbwechsel fähig ist. Er beobachtete aber, daß bei Elritzen, denen der Sympathikus durchtrennt war, einige Zeit nach der Operation die denervierte Stelle langsam hell wurde, wenn die Fische auf weißen Untergrund gebracht wurden. Entsprechendes beobachtete er für die Stirnhaut nach Trigeminusdurchtrennung. Wenn er die Fische auf schwarzen Untergrund brachte, wurde die denervierte Gegend wieder dunkel. Zu dieser Zeit (1912) stellte er in dieser Richtung keine weiteren Versuche an.

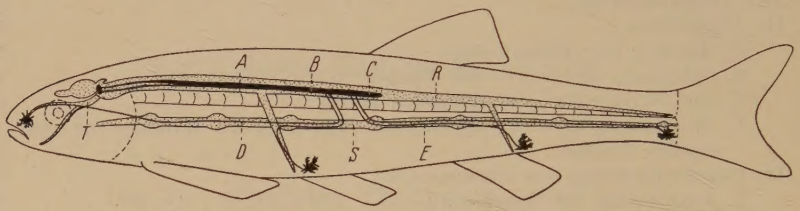

Abb. 1. Verlauf der Nervenbahnen vom Hirnzentrum im verlängerten Mark zu den Pigmentzellen bei den Elritzen. Nach v. Frisch. *R* Rückenmark, *S* Grenzstrang des Sympathikus, *T* Nervus trigeminus, *A*, *B*, *C*, *D*, *E* Operationsstellen, vgl. Text.

Spaeth (1913) zeigte, daß die Melanophoren von isolierten Schuppen von *Fundulus* sich ausbreiteten und zusammenzogen je nach den Lösungen, in die man sie legte. Spaeth und Barbour stellten im Jahre 1918 fest, daß unter anderen Substanzen auch Hypophysenextrakt den Ausbreitungszustand der Melanophoren beeinflussen kann. Bray (1918) zeigte, daß Adrenalin eine Zusammenballung der Melanophoren bei *Ameiurus* bewirkt. Erst zu Beginn des letzten Jahrzehnts, als Hogben und seine Schüler inkretorische Drüsentätigkeit als Ursache der Farbwechselphänomene bei Amphibien feststellten, glaubte man annehmen zu können, daß innersekretorische Drüsen auch eine Rolle bei den Farbwechselerscheinungen der Fische spielten. Daß diese Vermutung den Tatsachen entspricht, ist bestätigt worden für *Ameiurus nebulosus* Raf. (Parker, 1934; Abramowitz, 1936; Osborne, 1938), *Fundulus heteroclitus* L. (Abramowitz, 1937) und einige Elasmobranchier (Lundstrom und Bard, 1932; Hogben, 1936; Parker, 1938; Waring, 1938).

Einen deutlichen Beweis für die innersekretorische Tätigkeit als mitwirkende Ursache des Farbwechsels bei Elritzen lieferte Giersberg (1932). Nach seinen Untersuchungen sind die farbigen Chromatophoren nicht innerviert, sondern von der Hypophyse allein beeinflußt. Smith (1931) setzte die schon erwähnten Beobachtungen in bezug auf die Melanophoren von v. Frisch fort. Er denervierte ein kleines Stück der Kopfhaut bei der Elritze durch einen Schnitt in den Trigeminus oder eine andere Stelle des Körpers durch einen Schnitt in einige Spinalnerven. Er stellte, ebenso wie v. Frisch, fest, daß die denervierte Gegend einen wenn auch langsamen Farbwechsel zeigt. Er entdeckte, daß dieser Farbwechsel vom Blutstrom abhängig ist und nahm an, daß sich im Blut

ein Hormon befände, durch das eine Zusammenballung der Melanophoren hervorgerufen würde. Er hielt es für möglich, daß dieses Hormon Adrenalin sei.

Parker und seine Schüler haben gezeigt, daß durch einen Schnitt denervierte Streifen in der Schwanzflosse von *Fundulus heteroclitus* L. und *Ameiurus nebulosus* Raf. noch einen Farbwechsel zeigen. Es wird von ihnen behauptet, daß diese Erscheinung hauptsächlich die Wirkung von Neurohormonen der Nervendigungen sei, die aus den nachbarlichen, innervierten Hautgebieten hereindiffundieren. Um die Möglichkeit auszuschalten, daß solche Neurohormone eine Rolle spielen, und um ein großes, leicht zu beobachtendes Objekt zu bekommen, ist es wünschenswert, die Versuche an einem Fisch zu überprüfen, dessen ganzes peripheres Farbnervensystem ausgeschaltet ist. Nach v. Frisch (1911) sollen wir einen solchen Fisch bekommen, wenn wir einer Elritze das Rückenmark vor dem 15. Wirbel durchtrennen (Abb. 1 A). Es fragt sich nun, was für Farbreaktionen die Elritze nach diesem Eingriff zeigt.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Karl v. Frisch, danke ich herzlichst für die Anregung zu dieser Arbeit und für sein reges Interesse an ihrer Durchführung.

II. Allgemeines.

Haltung der Versuchstiere.

Die Elritzen wurden in Glasaquarien mit Wasserdurchfluß gehalten (Größe 29×22×23 cm), die auf grauen steinernen Tischen standen. Die Fütterung geschah mit gehacktem Pferdefleisch. So wurden die Fische mindestens 3 Wochen gehalten, bevor mit den Versuchen begonnen wurde. Dies war erstens nötig, um die Tiere in guten Futterzustand zu bringen, denn später wurden die Fütterungen meistens eingeschränkt; zweitens mußten sich die Fische an das Aquariumleben und vor allem an die Annäherung eines Menschen gewöhnen, die zunächst meist Aufregung verursachte. Denn es ist bekannt (v. Frisch, 1911; Smith, 1931), daß die Elritze bei einer Erregung oft deutliche Aufhellung zeigt. Durch die Gewöhnung an meine Bewegungen wurde diese Reaktion erheblich vermindert.

Schätzung der Farbe des Fisches.

Zur Schätzung des Dispersionszustandes der Farbzellen wurden nicht die einzelnen Chromatophoren, sondern die Farbe des dorsalen Körperteils im ganzen betrachtet, so wie man sie mit dem unbewaffneten Auge sieht. Da diese Arbeit mit den Melanophoren zu tun hatte, wurde eine Standardreihe von grauen Papieren benötigt.

Zum Vergleich mit der jeweiligen Helligkeit der Fische wurde eine neunstufige Serie von Graupapieren ausgewählt, die ich derart bezeichne, daß *0 = schwarz, 8 = weiß* ist. Nr. 1—7 bezeichnen in zunehmender Helligkeit die zwischen schwarz und weiß gelegenen Stufen. In der Weiß-Grau-Schwarz-Reihe von Ostwald entsprechen meine Nummern 0—8 folgenden Ostwald-Bezeichnungen:

0	1	2	3	4	5	6	7	8
s	q	o	m	k	h	f	d	b

Ich benützte 6 Reihen von dieser neunstufigen Grauserie. Zwei Reihen dieser Standardpapiere verblieben in der Originalausführung; 2 wurden etwas, 2 weitere stärker gelblich gefärbt. Je eine der Serien wurde auf weißen, die andere auf schwarzen Karton geklebt. Die Größe jedes Standardpapierchens betrug $1{,}5 \times 5$ cm. Die weißen und schwarzen Kartons waren $5{,}5 \times 9$ cm groß.

Um die Farbe eines Fisches zu bestimmen, wurde die dorsale Fläche aus etwa 60 cm betrachtet und mit der Farbe der Standardserie verglichen. Die Elritzen weisen nämlich häufig eine unregelmäßige Färbung auf, die erst beim Betrachten aus einiger Entfernung gleichmäßig erscheint. Wenn sich der Fisch über einem weißen Untergrund befand, so wurden die Vergleichspapiere auf weißem Karton benützt; befand sich der Fisch dagegen über einem schwarzen Untergrund, dann wurden die auf schwarzem Karton benützt.

Die Fische waren fast nie völlig grau. Häufiger waren sie etwas gelblich. Aus diesem Grunde waren die gelb getönten Papiere hergestellt. Der Beobachter wurde dann durch die gelbe Farbe nicht beeinflußt und konnte daher seine Aufmerksamkeit besser auf den grauen Ton lenken, der durch die Melanophoren bedingt war.

Es war nicht immer möglich, die Farbe eines Fisches mit einer einzigen Standardnummer zu kennzeichnen. War der Fisch etwas dunkler als die Standardfarbe, so wurde das Symbol „$<$“ vor die Nummer gesetzt, war er dagegen etwas heller, dann wurde das Symbol „$>$“ benützt. Lag die Farbe etwa in der Mitte zwischen zwei Standardwerten, so wurden die betreffenden Nummern durch das Symbol „/“ verbunden: z. B. 4, >4, 4/5, <5, 5.

Der Farbwechsel der normalen Elritze.

Die noch nicht behandelten Elritzen in den Aquarien auf den grauen Steintischen hatten meistens eine Farbe von 4—5. Sie waren selten so dunkel wie das Standardpapier 3. Wenn letzteres der Fall war, wurden die betreffenden Tiere ausgeschaltet.

Unbehandelte Elritzen, die auf schwarzen Grund gesetzt wurden, wurden innerhalb von 3—4 Minuten dunkler und nahmen meistens eine Farbe von 1—2 an. Danach wurden sie noch dunkler, aber viel langsamer und erreichten schließlich das Maximum, wenn auch nach sehr ungleich langer Zeit, meistens jedoch nach etwa 1—4 Stunden. Der Dunkelheitsgrad, den die Elritzen nach weiteren Stunden, ja sogar nach Tagen auf schwarzem Untergrund erreichten, war sehr verschieden. Am häufigsten war er 0/1, etwas weniger oft >0 und <1. Am seltensten war er 0 und 1. Mit Fischen, die heller als 1 waren, wurden keine Versuche vorgenommen.

Ganz ähnlich wurden Elritzen auf weißen Untergrund gebracht. Sie hellten in wenigen Minuten auf 6—7 auf. Dann verlangsamte sich das Tempo der Aufhellung und das Maximum wurde erst in einigen Stunden

erreicht. Die maximale Aufhellung war auch sehr verschieden, meistens 7/8, weniger 7 und 8. Mit Fischen die dunkler als 7 waren, wurden keine Versuche vorgenommen.

Allgemeines über die Operationen und über die Haltung von operierten Fischen.

Bei der allgemeinen Operationstechnik und bei der Urethannarkose hielt ich mich an das Verfahren, welches v. Frisch ausgearbeitet hat[1].

Die Korktischchen, auf denen die Operationen vor sich gingen, wurden regelmäßig alle 5 Tage über Nacht in Formollösung aufbewahrt. Die Operationsinstrumente wurden nur soweit sauber gehalten, wie das durch Waschen mit heißem Wasser möglich war. Die Fäden zum Vernähen der Wunden habe ich in Alkohol aufbewahrt. Weitere Vorsichtsmaßnahmen gegen Wundinfektion erschienen nicht notwendig.

War die Operation ausgeführt, so wurden die Tiere in die Aquarien gesetzt, höchstens sechs gemeinsam in ein Becken. Fische, die Krankheitserscheinungen zeigten, wurden sofort entfernt. Die größte Gefahr bildete der Pilz *Saprolegnia*, der sich jedoch durch Abreiben mit Watte unter dem laufenden Wasserhahn leicht entfernen ließ, wenn man ihn am Anfang seines Angriffes bemerkte. Sämtliche Durchtrennungen des Rückenmarks und des Sympathikus ebenso wie die Hypophysenoperationen wurden unter dem Binokularmikroskop ausgeführt.

III. Durchschneidung des Rückenmarks.

1. Ausführung der Operation.

Der Fisch wurde auf den Bauch gelegt und mit einem scharfen Messer ein etwa 4 mm langer Schnitt ungefähr in der Mitte zwischen Kiemendeckel und Dorsalflosse geführt, ungefähr 1,5 mm rechts von der Mittellinie. Dann wurde ein Schnitt nach links und unten geführt, so daß die Wirbelsäule getroffen wurde. Die Wunde wurde mit zwei Haken weit auseinandergezogen und mit Ringerlösung bespült, um so die Wirbelsäule sichtbar zu machen. Der Wirbelkanal selbst wurde mit Hilfe eines feinen elektrischen Bohrers eröffnet. Um sicher zu sein, daß die Durchtrennung völlig war, wurde noch ein Stückchen aus dem Rückenmark herausgeschnitten. Dies geschah in der Gegend des 9. Wirbels. Dann wurde die Wunde mit einem Stich vernäht.

Fische, die auf diese Weise operiert waren, konnten zwar noch etwas schwimmen, doch wenn sie das Schwimmen unterließen, dann fielen sie auf die Seite. Eine reguläre Anpassung an den Untergrund konnte so nicht erwartet werden. Um das Umfallen zu vermeiden, wurden die Versuchsfische an einem Faden aufgehängt. Ich zog den Faden unter den knöchernen Flossenstützen der vorderen Hälfte der Rückenflosse durch und knüpfte ihn dann fest. Am freien Fadenende brachte ich einen Haken an, der aus einer Stecknadel gebogen war und auf den auch noch ein Kärtchen mit der Nummer des Fisches gespießt wurde. Um das Tier in waagerechter Lage zu erhalten, wurde ein kleines Glasgewicht an ihm

[1] Beschrieben bei v. Frisch u. Stetter: Z. vergl. Physiol. 17, 693 (1932).

befestigt; dies geschah mittels eines Fadens, der durch die Basis der Bauchflossen geführt war (Abb. 2).

So vorbereitet wurden die Versuchstiere in ein Aquarium eingehängt, dessen Boden und Seitenwände mit weißer Ölfarbe bis zu einer Höhe von 7 cm gestrichen war, aber nur so weit, daß die Fische noch genügend hell beleuchtet waren. Zur Vornahme der Gegenversuche benutzte ich ein Aquarium, welches in gleicher Weise mit schwarzer Ölfarbe gestrichen war. In diesen Aquarien hingen die Fische an ihren Fäden im Wasser und zwar so tief, daß sie sich noch unterhalb der weißen bzw. schwarzen Scheiben befanden.

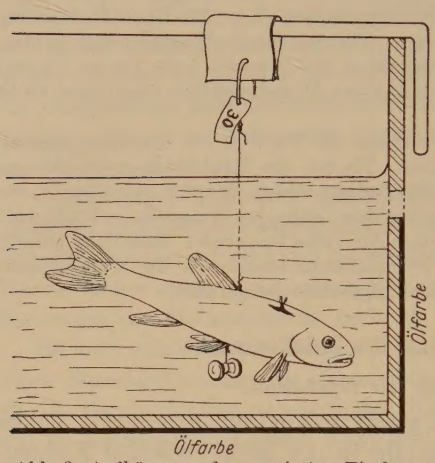

Abb. 2. Aufhängung der operierten Fische.

Diese Aquarien hatten eine Größe von $29 \times 22 \times 23$ cm. Es konnten immer 6 Fische untergebracht werden, in zwei Reihen zu drei Stück, die an zwei über den Rand gelegten Glasstäben hingen. Es mußte nun aber vermieden werden, daß die Fische durch ihre zappelnden Bewegungen gegeneinander rutschten und so die Fäden verwirrten. Daher habe ich die Fäden nicht unmittelbar an die Stäbe gehängt, sondern an einen Papierstreifen, der um den Stab geklebt war. Die Ausführung der Aufhängung geht aus Abb. 2 deutlich hervor.

Der ungewöhnliche Zustand, in dem sich die Elritzen nun befanden, schien sie nicht zu beeindrucken. Jedenfalls fraßen sie ein ihnen vorgehaltenes Stück Fleisch ohne weiteres. Die Aufhängerfäden lösten sich von selbst durch den Heilungsvorgang gewöhnlich nach etwa 3 Wochen. Da aber die Versuche selten so lange andauerten, war das nicht von Bedeutung. Die Wunden heilten meist völlig aus. *Ich habe solche Fische bis zu 4 Monaten gehalten.*

Die Urethanbetäubung rief eine deutliche Verdunkelung der Haut des nicht operierten Fisches hervor, meistens bis zum Verdunkelungsgrad 2. Kurz nach Herausnahme des Stückes aus dem Rückenmark wurde die Farbe noch tiefer. Dies steigerte sich noch weiter bis etwa eine halbe Stunde nach dem Eingriff, wo das Maximum an Verdunkelung erreicht war. Letzteres war jedoch bei den einzelnen Fischen verschieden. Bei den 24 Fischen der Tabelle 1 (vgl. Spalte 2) schwankte es von 0 bis < 2.

2. Farbwechsel bei Elritzen mit durchschnittenem Rückenmark.

Die eben operierte Elritze zeigte, ins *weiße Aquarium* gesetzt, zunächst keine Änderung in der Färbung. Erst am nächsten Tage konnte man gewöhnlich eine Aufhellung wahrnehmen, die in den folgenden Tagen dann noch zunahm und schließlich ein Maximum erreichte. Ich brachte solche aufgehellte Fische in ein *schwarzes Aquarium* und ließ sie einige Stunden dort hängen. Sie wurden viel dunkler. Ich stellte sie wieder

in ein weißes Aquarium und beobachtete, daß sie nach einigen Stunden wieder hell waren. Das Setzen in ein schwarzes Aquarium rief wieder eine Verdunkelung hervor; das Setzen in ein weißes wieder eine Aufhellung usw. so lange ich wollte. Dieses zeigen die folgenden Beispiele aus den Protokollen:

6. 2. 37. 5 Elritzen (80, 82, 89, 90, 91) wurde das Rückenmark durchschnitten. Ich setzte sie in ein *weißes Aquarium.* Die Farben waren 0 (80), 0 (82), 0/1 (89), >0 (90), 1 (91). — *14. 2. 37.* 13 Uhr. Farben: 5/6, 6, >5, 7, 6/7. 13^{35} Uhr. Die Fische wurden in ein *schw. Aqm.* gesetzt. 14^{45}: 1, 3/4, 3/4, 2/3, 3. 15^{45}: 0, 3/4, 3, 2, 2/3. 16^{45}: 0, 2, >2, <2, 2. 18^{40}: 0, 2, 2, 0/1, 2. In *weißes Aqm.* 21^{00} (Kunstlicht): 4, 4/5, 4, 5, 3/4. — *15. 2.* 9^{00}: 4/5, 5, 4/5, 6/7, 5. In *schw. Aqm.* 12^{00}: 0, 2/3, >2, 1, 1/2. In *weißes Aqm.* 15^{30}: 5, 5, 4/5, 7, 6. Dies wurde im ganzen 10mal wiederholt mit ähnlichen Ergebnissen.

Die Elritze läßt also nach der Durchtrennung ihres Rückenmarks immer noch eine Anpassung an hell und dunkel erkennen.

Die maximale Helligkeit erreichte der eben operierte Fisch *im weißen Aquarium* durchschnittlich nach 5—6 Tagen, seltener schon nach 2—3 oder erst nach 8—9 Tagen (Tabelle 1). Meistens blieb sie während der ganzen Dauer der Beobachtungszeit (im Durchschnitt etwa 3 Wochen) ungefähr konstant. Das Maximum selbst war bei den einzelnen Versuchsfischen sehr verschieden. Sehr häufig beobachtete ich einen Helligkeitsgrad von 5—6; doch waren auch niedere und höhere Werte, etwa 2 und 7

Tabelle 1. Aufhellung rückenmarkoperierter Fische in weißen Aquarien.

Nr.	*Farbe nach der Operation*										
	½ Stunde	1 Tag	2 Tage	3 Tage	4 Tage	5 Tage	6 Tage	7 Tage	8 Tage	9 Tage	10 Tage
1	0/1	3	4/5	> 6	7/8	8	8	8	< 8	8	8
2	0	1/2	3	< 5	< 6	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8
3	< 1	2	3/4	< 6	6/7	< 8	7/8	7/8	< 8	7/8	7/8
4	0	< 2	> 3	4/5	< 7	8	7/8	< 8	< 8	7/8	< 8
5	0	2/3	> 4	5/6	6	7	< 7	6/7	< 7	< 7	< 7
6	0	0	0	0	0	0	> 0	0	0	0	0
7	1/2	< 2	1/2	1	1	0/1	2	2/3	4	5	5
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	> 0	> 0
9	0	> 1	2/3	> 3	4	4	> 4	5	5/6	5/6	> 5
10	> 0	< 2	> 2	> 3	3/4	3/4	3/4	3/4	4	3/4	< 4
11	0	2/3	> 4	6	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	> 7	7/8
12	0	< 2	3/4	> 5	6	> 5	6/7	6/7	6/7	< 7	6/7
13	> 0	1	> 2	3/4	> 5	5	6	5/6	5/6	< 6	< 6
14	0	< 3	< 5	6/7	7/8	< 8	7	7	7	7/8	> 7
15	> 0	1/2	> 2	> 3	4/5	< 5	< 6	> 5	5	> 5	> 5
16	0	< 3	4/5	> 6	7	7	7/8	> 7	> 7	> 7	> 7
17	0	> 0	< 1	< 1	1/2	1/2	5	< 5	4/5	4/5	< 5
18	0	0/1	< 1	2	3	2	3/4	> 4	4/5	4/5	> 4
19	0	> 2	3/4	> 5	7	6/7	> 7	7/8	7/8	> 7	> 7
20	< 2	3	4/5	> 6	> 7	7/8	7	7/8	7/8	> 7	7/8
21	0	2	< 4	> 6	7	7	6/7	7/8	7/8	> 7	7/8
22	0	2	2/3	4	5	5/6	5	< 6	< 6	5/6	< 6
23	0	1/2	2	3	5	> 5	< 6	< 6	< 6	5/6	< 6
24	> 0	2	3/4	4	< 5	> 5	< 6	> 6	6/7	> 6	> 6

nicht selten. Manchmal war überhaupt keine Aufhellung wahrzunehmen. Ein vollständiges Hellwerden, also den Grad 8, habe ich sehr selten beobachtet.

Der Verdunkelungsgrad den ein solcher aufgehellter Fisch nach längerer Zeit in einem *schwarzen Aquarium* erreichte, war dagegen nicht so sehr verschieden. Zwar dauerte es manchmal 1—2 Tage bis ein konstantes Maximum erreicht wurde, dann aber war es meistens zwischen 0 und 1; sehr selten war es mehr als 2.

Ganz allgemein möchte ich folgendes feststellen: 1. Elritzen mit durchschnittenem Rückenmark, die sich in einem *weißen* Aquarium befanden, zeigten gegenüber gesunden eine gringere Aufhellung. Der Grad 8 kam zwar vor, jedoch äußerst selten. Die Helligkeit variierte stark (s. Tabelle 1). Dagegen konnten die Färbungen *nicht operierter* Fische auf weißem Untergrund als ziemlich gleichmäßig angesehen werden.

2. Solche aufgehellte Fische wurden im *schwarzen* Aquarium wieder dunkel und zwar oft genau so dunkel wie der nicht operierte Fisch. Die Dunkelheitsgrade waren nicht sehr verschieden.

3. Zeitlicher Verlauf des Farbwechsels bei Elritzen mit durchschnittenem Rückenmark.

Wissenswert war nun die durchschnittlich zum Farbwechsel benötigte Zeit. Aus den bisherigen Versuchen konnte man das nicht ohne weiteres ersehen, weil der Vorgang immer mehrere Stunden dauerte und die Nacht dazwischen kam.

Ich habe es wegen dieser Schwierigkeit unterlassen, die Gesamtzeit zu bestimmen, die der Fisch zum Wechsel seiner Farbe innerhalb des ganzen Helligkeitsbereichs braucht, sondern beobachtete nur die Zeiten, die zum Wechsel von Grad zu Grad nötig waren. Allerdings machte ich einige Beobachtungen für den Gesamtbereich. Das folgende Protokoll gibt die Farbwechselzeiten für eine Anzahl von Fischen wieder. Wie man sieht, *sind die Zeiten sehr verschieden; die Zeit, die für den Farbwechsel von hell nach dunkel benötigt wird, ist im allgemeinen kürzer, als die Zeit für den Wechsel von dunkel nach hell.* Bei wiederholtem Farbwechsel verkürzen sich die dafür benötigten Zeiten nicht.

Farbwechsel rückenmarkoperierter Fische.

Nr. 269. 19. 10. 37. Durchtrennung des Rückenmarks. In *weißes Aquarium.* — *23. 10.* 4. — *26. 10.* 7/8. — *27. 10.* 7/8. 9^{45} Uhr *schwarzes Aquarium*; 10^{30}: 4; 11^{00}: 4/5; 11^{40}: 4; 12^{30}: 4; 13^{30}: 3/4; 14^{00}: 3/4. *Weißes Aqm.* 15^{15}: 4; 17^{10}: 5; 18^{00}: 6; 18^{30}: 6; 19^{20}: 6; 20^{00}: 6. — *28. 10.* 9^{35}: 6. *Schw. Aqm.* 10^{10}: 5/6; 11^{10}: 4/5; 12^{15}: 4; 13^{15}: <4; 14^{15}: 4; 14^{50}: 3/4; 15^{15}: <4; 16^{30}: 4. *Weißes Aqm.* 17^{00}: 5; 17^{30}: <6; 18^{00}: 6/7; 18^{30}: <7; 19^{00}: <7. *Schw. Aqm.* 19^{15}: 6; 19^{30}: 5; 21^{00}: >4; 23^{00}: <4; 23^{45}: <4. — *29. 10.* 0^{20}: <4; 1^{00}: 3/4; 7^{55}: 3/4; 10^{15}: 3; 11^{00}: 3. *Weißes Aqm.* 12^{15}: 3/4; 13^{00}: <4; 14^{50}: 5/6; 16^{00}: <5; 16^{20}: 5; 17^{00}: >5; 17^{45}: >5; 18^{30}: 5/6. — *30. 10.* 0^{30}: 6/7; 9^{30}: 6/7. *Schw. Aqm.* 9^{50}: 5/6; 10^{45}: 3/4; 11^{30}: 3/4; 12^{45}: 3/4. *Weißes Aqm.* 13^{30}: 3/4; 14^{00}: 2/3; 14^{15}: <3; 14^{30}: <3; 14^{45}: <3; 15^{40}: >3; 17^{30}: 5/6; 18^{10}: 5; 19^{00}: 5.

Nr. 272. 19. 10. 37. Durchtrennung des Rückenmarks. In *weißes Aqm.* — *23. 10.* <7. — *26. 10.* <8. — *27. 10.* <8. 9^{47} Uhr. *Schw. Aqm.:* 10^{32}: <5; 11^{02}: 5; 11^{42}: 4/5; 12^{32}: 5; 14^{02}: 5. *Weißes Aqm.:* 15^{17}: <6; 17^{12}: 7/8; 18^{02}: 7/8; 18^{12}. *Schw. Aqm.:* 18^{32}: 6; 19^{22}: <5; 20^{02}: <5. — *28. 10.* 9^{37}: 4/5. *Weißes Aqm.:* 10^{12}: >4; 11^{12}: 5/6; 12^{17}: 6/7; 13^{17}: >7; 14^{17}: 6/7; 14^{32}: 6/7. *Schw. Aqm.:* 14^{52}: >6; 15^{17}: 5/6; 16^{32}: <5; 17^{02}: <6; 17^{32}: >5; 18^{02}: 5; 18^{32}: <5; 19^{02}: <5; 19^{32}: <5; 21^{02}: 4/5; 23^{02}: 5; 23^{17}. *Weißes Aqm.:* 23^{47}: 5. — *29. 10.* 0^{22}: 6; 1^{02}: 6/7; 7^{57}: 7; 8^{02}. *Schw. Aqm.:* 10^{17}: 5/6; 11^{02}: <5; 12^{17}: 5; 13^{02}: 4/5; 14^{52}: >5; 16^{02}: >5. *Weißes Aqm.:* 16^{32}: >6; 17^{02}: >6; 17^{47}: <7; 18^{32}: 7. — *30. 10.* 0^{32}: 7. *Schw. Aqm.:* 9^{32}: 5/6. *Weißes Aqm.:* 9^{52}:5/6; 10^{45}: 6; 11^{32}: 6/7; 12^{48}: 7.

Nr. 270. 19. 10. 37. Durchtrennung des Rüchenmarks. In *weißes Aqm.* — *23. 10.* 4. — *26. 10.* 7. — *27. 10.* >7; 3 Std. *schw. Aqm.:* 2; 5 Std. *weißes Aqm.:* 6; noch 15 Std. *weißes Aqm.:* 6/7; 4 Std. *schw. Aqm.:*1/2; 7 Std. *weißes Aqm.:* 5; 2 Std. *schw. Aqm.:* 2/3; noch 7 Std. *schw. Aqm.:* 1/2; $6^1/_2$ Std. *weißes Aqm.:* 5; $2^1/_2$ Std. *schw. Aqm.:* 1; noch 15 Std. *schw. Aqm.:* 1; 8 Std. *weißes Aqm.:* 4/5; noch 40 Std. *weißes Aqm.:* 6.

Nr. 271. 19. 10. 37. Durchtrennung des Rückenmarks. In *weißes Aqm.* — *23. 10.* < 6. — *26. 10.* 7/8. — *27. 10.* 7/8; $4^1/_2$ Std. *schw. Aqm.:* <4; 4 Std. *weißes Aqm.:* 7/8; 2 Std. *schw. Aqm.:* >4; noch 13 Std. *schw. Aqm.:* 2/3; $3^3/_4$ Std. *weißes Aqm.:* 6/7; 3 Std. *schw. Aqm.:* 3/4; noch 6 Std. *schw. Aqm.:* 3/4; 2 Std. *weißes Aqm.:* <5; noch 7 Std. *weißes Aqm.:* 6/7; $2^1/_2$ Std. *schw. Aqm.:* 3/4; $3^3/_4$ Std. *weißes Aqm.:* 7; noch 15 Std. *weißes Aqm.:* >7; $4^1/_2$ Std. *schw. Aqm.:* 1/2; 3 Std. *weißes Aqm.:* 7. (Von den übrigen 16 Fischen erhielt ich ähnliche Ergebnisse.)

4. Ausschaltung des Aufhellungszentrums im Rückenmark.

Durch die Zerschneidung des Rückenmarks wurde der Zusammenhang zwischen Hirn und peripherem Nervensystem unterbrochen. Da nun aber doch noch ein Farbwechsel stattfand, so mußten andere Möglichkeiten bestehen, mittels derer die Impulse weitergeleitet werden konnten. Es lag nahe, anzunehmen, daß hier hormonale Einflüsse eine Rolle spielen. v. Frisch (1911) hat gefunden, daß im Rückenmark zwischen dem verlängertem Mark und der Gegend des 15. Wirbels ein dem Hirn untergeordnetes Aufhellungszentrum vorhanden ist. Es ist möglich, daß der Farbwechsel in der Weise vor sich geht, daß in weißer Umgebung das Aufhellungszentrum wirkt und in schwarzer Umgebung gegen dieses Zentrum ein Hormon in Tätigkeit tritt. Um diese Möglichkeit zu prüfen, habe ich folgende Versuche ausgeführt:

Die Fische wurden in ähnlicher Weise operiert wie oben schon gezeigt. Doch wurde statt eines einzelnen Schnittes bei *A* (Abb. 1) ein ganzes ungefähr 1 cm langes Stück des Rückenmarks herausgenommen und zwar an der Stelle, wo die Farbwechselfasern aus dem Rückenmark in den Sympathikus austreten. In Abb. 1 ist das die Stelle zwischen *B* und *C*. Dadurch wurde das Aufhellungszentrum im Rückenmark vernichtet. Die Durchführung dieser Versuche ergab jedoch keinen wesentlichen Unterschied im Färbungsverhalten der Elritzen.

Dieser Versuch zeigt, daß das Aufhellungszentrum im Rückenmark keine wesentliche Rolle beim Farbwechsel einer Elritze spielt, nachdem seine Verbindung mit dem Gehirn abgeschnitten ist.

5. Kontrollversuch: Durchtrennung des Sympathikus.

Schließlich führte ich einen Kontrollversuch aus, nämlich das Durchschneiden des Sympathikus vor der Stelle *B* (Abb. 1 *D*). Damit wurde wieder sowohl die Verbindung mit dem Gehirn als auch mit dem Aufhellungszentrum im Rückenmark unterbrochen, diesmal nur für den vorderen Körperbereich.

a) Ausführung der Operation. Der Fisch wurde auf den Rücken in die Aushöhlung der Korkplatte gelegt und mittels einer Gummischnur befestigt. Sein Kopf wurde durch einen am Maul befestigten Haken in einem Glasrohr gehalten, aus dem $^1/_4$%ige Urethanlösung herausfloß. Zur Feuchterhaltung wurde der Fisch auf nasse Watterollen gelegt und mit feuchtem Fließpapier zugedeckt. Der Kopf lag tief, damit keine Flüssigkeit außer Ringerlösung in die Wunde kam.

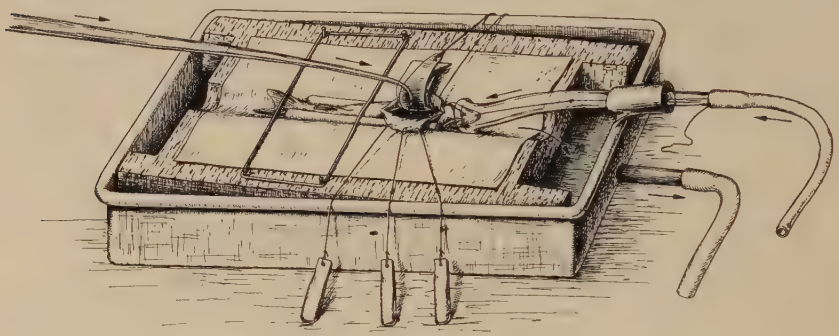

Abb. 3. Fisch auf dem Operationstisch.

Es wurde ein ungefähr 12 mm langer Schnitt etwa 3 mm links der Mittellinie zwischen Brust- und Bauchflossen geführt und die Schnittöffnung mittels Haken auseinandergezogen, die Eingeweide von Bindegewebe befreit und auf die rechte Seite gebracht. Dazu diente das auf Abb. 3 sichtbare hakenförmig gebogene Blechstück, in dessen Wölbung ein nasses Löschpapier eingelegt worden war. Um den Bauch während der Operation auszuspülen, wurde ein dauernder Strahl von Ringerlösung in die Leibeshöhle eingeführt. Dadurch wurde die Gegend der Aorta dorsalis durch das Peritoneum sichtbar, die jedoch mehr oder weniger mit Nierengewebe und der Vena cardinalis posterior zugedeckt war. Also mußten an der Stelle, wo der Sympathikus durchtrennt werden sollte, sowohl Peritoneum als auch die Vene zuerst wegpräpariert werden. Die Seiten der Aorta hängen eng mit Fett und Bindegewebe zusammen, das man mit kleinen Haken und Pinzetten entfernen kann. Dadurch wird der darunter liegende Sympathikus freigelegt, der rechts und links eng den Seitenwänden der Aorta anliegt (Abb. 4). Diese Lage war allerdings leider nicht zu häufig anzutreffen. Vielfach war ein Strang des Sympathikus bedeutend schwächer ausgebildet als der andere, oder aber er bedeckte die Aorta in unregelmäßigen Verästelungen. Manchmal waren die Stränge aber auch so fein, daß man sie nicht mehr deutlich als solche wahrnehmen konnte. Dadurch war der Fisch natürlich für den Versuch nicht mehr brauchbar. Zur Kenntlichmachung solcher undeutlichen Stränge verwandte ich vorteilhaft einen sehr feinen Strahl von Ringerlösung, den ich mit einem ausgezogenen Glasrohr auf die entsprechende Stelle spritzte, wodurch der Sympathikus etwas vibrierte. Nun faßte ich ihn mit einem Häkchen, das aus einer Insektennadel gebogen war, und hob ihn vorsichtig empor, um ihn dann mit Hilfe eines zweiten ebensolchen Häkchens, das gegen das

erste gedrückt wurde, abzuzwicken. Daraufhin entfernte ich die Haken, welche die Wunde offenhielten und vernähte die Schnittöffnung mit fünf Stichen, worauf sie mit Löschpapier abgetrocknet wurde. Sodann strich ich ein Gemisch von $^1/_3$ Vaselin und $^2/_3$ Olivenöl über das Operationsfeld, worauf der Fisch in sein Aquarium zurückgesetzt wurde. In etwa 65% aller Fälle verheilte die Wunde gut und der Fisch fraß und schwamm wie vor der Operation.

b) Farbvorgänge nach Durchtrennung des Sympathikus. Unmittelbar nach der Operation nahm der vordere Teil des Fisches eine dunkle Färbung an, die nach und nach tiefer wurde, bis nach etwa einer halben Stunde das Maximum an Dunkelheit erreicht war. Setzte man die operierten Fische in ein weißes Aquarium, so reagierte der vordere Körperteil genau so, wie der ganze Körper jener Fische reagiert hatte, denen nur das Rückenmark durchtrennt worden war. Der hintere Teil des Körpers zeigte dagegen einen normalen Farbwechsel, ganz so wie bei einer normalen, nicht operierten Elritze. Dies zeigt das folgende Protokoll:

Abb. 4. Situsbild zur Sympathikusoperation. S. Sympathicus, A. Aorta, V. c. Vena cava, P. Pigmentzellen des Peritoneums, N. Nierenoberfläche, N.a. Niere abgetragen.

(Zum Verständnis der Symbole: „0/1—2/3“ bedeutet, daß der vordere Teil des Fisches den Grad 0/1, der hintere Teil den Grad 2/3 zeigte.)

Nr. 1. 9. 11. 38. 12^{30} Sympathikusoperation; im Aquarium auf dem grauen steinernen Tisch bis 14^{00}. Farbe 0/1—2/3. Der Fisch wurde jetzt in ein *weißes Aqm.* gesetzt. 15^{20}: 0/1—5. *10. 11.* 13^{00}: 0/1—6/7. *11. 11.* 15^{45}: 1—7/8. *12. 11.* 12^{30}: 1—7/8. *13. 11.* 12^{30}: >1—7/8. *14. 11.* 12^{30}: 3—8. *15. 11.* 13^{15}: >3—8. *16. 11.* 11^{30}: 4/5—7/8.

Nr. 2. 9. 11. 38. 13^{15} Sympathikusoperation; im Aquarium auf grauem Tisch bis 13^{45}: 0/1—5. *Weißes Aqm.* 15^{22}: 0/1—7/8. *10. 11.* 13^{00}: 1—<8. *11. 11.* 15^{45}: 3/4—8. *12. 11.* 12^{30}: >4—8. *13. 11.* 12^{30}: 5/6—8. *14. 11.* 12^{30}: 5/6—8. *15. 11.* 13^{15}: 6—8. *16. 11.* 12^{30}: >6—8.

Nr. 3. 9. 11. 38. 15^{50} Sympathikusoperation; im Aquarium auf grauem Tisch bis 16^{45}: >0—4. *Weißes Aqm.:* 16^{55}: 0—4/5. *10. 11.* 13^{00}: <1—8. *11. 11.* 15^{45}: 4—8. *12. 11.* 12^{30}: 4/5—8. *13. 11.* 12^{30}: <5—8. *14. 11.* 12^{30}: 6—8.

So wie ein Fisch mit durchtrenntem Rückenmark im *weißen Aquarium* fast niemals mehr so hell wie vor der Operation wurde, so zeigte auch der vordere Teil des Fisches mit durchtrenntem Sympathikus nicht die gleiche Aufhellung wie der hintere. Hinsichtlich des Farbwechsels haben wir in den beiden Körperhälften gleichsam einen gesunden und einen operierten Fisch in einem Individuum vereinigt. Beide Teile leiden aber unter dem Einfluß der Wunde.

Auf Grund dieser Versuche konnte man annehmen, daß die Einflüsse, die den Fisch ohne Farbnerven hell werden lassen, nicht so stark sind wie diese Einflüsse zusammen mit den nervösen Impulsen.

Wieder wie der ganze Fisch mit durchtrenntem Rückenmark, zeigt der vordere Teil einer *auf schwarzem Untergrund* gehaltenen Elritze, deren Sympathikus durchschnitten worden war, in den meisten Fällen dieselbe Färbung wie der innervierte hintere Teil. Ich setze zum Beleg dieselben Beispiele aus den Protokollen fort:

Nr. 1. 16. 11. 38. 11^{36}: 4/5—7/8. *Schw. Aqm.:* 12^{00}: 3—>3; 12^{43}: 0—>0. *Weißes Aqm.:* 13^{38}: 3—8; 15^{10}: 3—8; 15^{55}: 3—8. *17. 11.* 10^{40}: 3—8. *18. 11.* 12^{15}: 3/4—<8. *19. 11.* 12^{00}: 4—<8. *20. 11.* 11^{40}: <5—<8. *21. 11.* 12^{30}: 5—<8.

Nr 2. 16. 11. 38. 11^{37}: >6—8. *Schw. Aqm.:* 12^{04}: >6—2; 12^{43}: 6—1; 13^{39}: 3—0/1; 15^{10}: 4—1; 15^{55}: 1—0. *17. 11.* 10^{40}: >0—>0. *Weißes Aqm.:* 11^{55}: >0—<8; 15^{30}: 2/3—8; 18^{10}: 4/5—8; 19^{35}: 5—8. *18. 11.* 12^{25}: >5—8. *Schw. Aqm.:* 13^{17}: 4/5—0/1; 15^{30}: <1—>0; 16^{20}: 0/1—0. *19. 11.* 10^{23}: 0—0. *Weißes Aqm.:* 10^{43}: 0—<8; 11^{15}: >0—<8; 12^{55}: 0/1—8; 15^{30}: >3—8; 16^{40}: 4/5—8.

Nr. 3. 14. 11. 38. 15^{20}: 6—8. *Schw. Aqm.:* 15^{23}: 6—6; 15^{40}: 5/6—3/4. *15. 11.* 13^{15}: 0—0. *Weißes Aqm.* 13^{17}: 0—5; 13^{20}: 0—7/8; 14^{45}: >0—8; 16^{15}: 1/2—8. *16. 11.* 11^{15}: >5—8; 11^{44}: >5—8. *Schw. Aqm.* 12^{06}: 5/6—3; 12^{46}: 5—>1; 13^{40}: 4—>1; 15^{13}: 1/2—>1; 15^{57}: 1—0/1. *17. 11.* 10^{40}: 0—0. *Weißes Aqm.* 11^{55}: 0—8; 15^{30}: <2—8; 18^{10}: 4—8. *18. 11.* 12^{25}: >4—8. *Schw. Aqm.* 13^{17}: 4—>1; 15^{30}: <1—>0; 16^{20}: 0/1—>0. *19. 11.* 10^{23}: 0—0. *Weißes Aqm.* 10^{43}: 0—<8; 15^{30}: 2/3—8.

Weitere Versuchsreihen hatten dasselbe Ergebnis.

Da das Aufhellungszentrum im Rückenmark keine wesentliche Rolle beim Farbwechsel einer Elritze spielt, deren Farbnervenbahn durchschnitten war, so war es naheliegend, an eine hormonale Regulierung zu denken.

IV. Einfluß von chemischen Substanzen auf die Melanophoren.

Über den Einfluß von chemischen Substanzen und Hormonen auf Chromatophoren liegen bereits zahlreiche Versuche vor (Spaeth, 1913; Spaeth und Barbour, 1918; Abolin, 1926; Smith, 1931; Parker, 1931, 1934e). Die genannten Forscher arbeiteten mit Salzen und Substanzen, die das Nervensystem reizen oder lähmen. Wunder (1931) und Osterhage (1932) zeigten, daß die Hormone der Keimdrüsen bei der Ausbreitung der Chromatophoren — besonders der Xanthophoren und Erythrophoren — während der Laichzeit einen Einfluß haben (Hochzeitskleid). Eine Anzahl anderer Arbeiten haben ergeben, daß die Hypophyse ein Hormon besitzt, das eine Ausbreitung der Xanthophoren und Erythrophoren bewirkt. Abolin (1924) erzielte eine Rotfärbung der Elritzen durch Einspritzen von handelsüblichem Infundin. Nach Giersberg (1932) sollen die Bewegungen der Erythrophoren und Xanthophoren in der Haut der Elritze von Hormonen der Hypophyse geregelt werden. Dies beweist er durch Druck auf die Hypophyse, wodurch größere Hormonmengen ins Blut gelangen, oder durch deren Zerstörung durch die Augenhöhle. Versuche von Zondek und Krohn (1932) ergaben, daß die Rotfärbung durch ein Hypophysenhormon bewirkt wird, welches aus der Gegend der *Pars intermedia* stammt. Jedoch wurden diese Versuche nur mit Hypophysen von Säugetieren gemacht. Peczenik (1933) untersuchte die Bildung des Hochzeitskleides von Elritzen und fand sowohl eine zentrale als auch eine periphere Wirkung.

Meyer (1931) spritzte *Gobius* und *Pleuronectes* handelsübliche Hypophysenhinterlappenprodukte ein, und rief damit die Ausbreitung von Erythrophoren und

Xanthophoren hervor. Eine handelsübliche Infundinlösung wurde von Kreibich (1933) Bitterlingen eingespritzt, wodurch das Hochzeitskleid erzeugt wurde. Durch Einspritzen von verschiedenen handelsüblichen Hypophysenextrakten in Fische der Familie *Percidae* erzielten Fleischmann und Kann (1937) eine Rotfärbung.

Betrachten wir die *Melanophoren*, so ist festzustellen, daß die Ergebnisse von Versuchen mit Hypophysenextrakten keineswegs übereinstimmen. Spaeth berichtet, daß er eine Zusammenballung der Fischmelanophoren bei Verwendung von Infundin erhalten hat. Abolin ruft mit einem handelsüblichen Infundinprodukt eine Ausbreitung der Melanophoren bei der Elritze hervor. Hewer (1926) spritzte Infundin und Hypophysenextrakte in Elritzen ein und konnte die Ergebnisse Abolins nicht erzielen. Ferner spritzte er Hypophysenextrakte von Schellfischen in Elritzen ein und bewirkte dadurch eine Aufhellung. Um festzustellen, wo sich dieses Hormon befindet, teilte er die Hypophyse in zwei Hälften und spritzte ungefähr gleiche Mengen des Extraktes ein. Er fand auf diese Weise, daß das betreffende Hormon wahrscheinlich im hinteren Teil zu suchen ist. Diese Versuche waren jedoch nicht übermäßig genau. Meyer (1931) fand, daß die Einspritzung von handelsüblichen Hypophysenhinterlappenprodukten eine Zusammenballung der Melanophoren bei *Gobius* und *Pleuronectidae* hervorrief. Kreibich (1933) bewirkte durch handelsübliches Infundin bei Bitterlingen eine leichte Zusammenballung der Melanophoren. Ebenfalls eine Zusammenballung der Melanophoren bei Elritzen bewirkten Collin und Drouet (1933) durch Einspritzen von handelsüblichen Hinterlappenprodukten. Parker (1934c) beobachtete, daß die Behandlung mit handelsüblichem Pituitrin bei *Ameiurus* eine Verdunkelung hervorruft, jedoch bei *Fundulus* keinen Einfluß hat.

1. Einspritzung eines handelsüblichen Hypophysenpräparates.

Da die eben besprochenen Versuche keine übereinstimmenden Ergebnisse hatten, wollte ich selbst noch Untersuchungen in dieser Richtung vornehmen. Dazu beschaffte ich mir das handelsübliche Hormonprodukt „Hypophysin" (Bayer), welches mir von der Firma Bayer zur Verfügung gestellt wurde; dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Das Präparat, welches als ein Extrakt aus den Hinterlappen der Hypophyse verkauft wird, wird in Ampullen geliefert. Es galt zunächst festzustellen, ob Fische, deren Farbwechselnerven durchschnitten waren, größere Empfindlichkeit gegen diese Substanz zeigten als solche mit unverletztem Nervensystem. Damit konnte gleichzeitig festgestellt werden, wieviel Hormon bis zum Erzielen einer Reaktion eingespritzt werden mußte.

Der Versuch wurde folgendermaßen ausgeführt: Der Fisch wurde mit großer Vorsicht in einem nassen Tuch gehalten und ihm eine gewisse Menge des Hypophysin in der Gegend der Bauchflossen in die Leibeshöhle eingespritzt. Dann wurde der Fisch wieder in sein Aquarium gesetzt. Die Menge der eingespritzten Flüssigkeit konnte bis zu 0,5 ccm für eine 7 cm lange Elritze betragen. Doch war dies nur dadurch möglich, daß der Fisch vorher zum Ausspucken von Gas aus der Schwimmblase veranlaßt wurde. Zu diesem Zweck wurde er in ein Glasgefäß gesetzt und der Druck durch eine Luftpumpe herabgesetzt. Zu jedem dieser Versuche unternahm ich an einem anderen gleich großen Fisch einen Kontrollversuch, indem ihm genau das gleiche Volumen Ringerlösung eingespritzt wurde. Diese Gegenversuche waren nötig, da ja ein Farbwechsel auch durch den Druck der Flüssigkeit oder des Tuches, in welchem ich den Fisch hielt, hervorgerufen sein konnte.

Das Hypophysin bewirkte in den weitaus meisten Fällen eine Ausbreitung der Melanophoren, jedoch war manchmal, wie aus den Tabellen 2, 3 und 4 hervorgeht, der Effekt nicht erkennbar.

Im allgemeinen zeigten Fische, bei denen das Rückenmark nicht durchtrennt war, nur eine geringe Reaktion. Im Gegensatz dazu verdunkelten sich die operierten Versuchstiere nicht selten auch bei Einspritzung von Ringerlösung. Doch war der Verdunkelungsgrad bei weitem nicht so stark wie bei denjenigen, die Hormoneinspritzungen erhalten hatten.

Aus den Tabellen 2, 3 und 4 ist zu ersehen, daß bei unoperierten Fischen von der Länge 7 cm noch deutliche Reaktionen bei einer Einspritzungsmenge von 0,05 ccm wahrgenommen werden konnte, während eine Menge von 0,02 ccm kein klares Ergebnis zeigte. Bei operierten Fischen dagegen genügte noch ein Volumen von 0,005 ccm und erst bei 0,002 ccm war keine Reaktion ersichtlich. Die geringen Mengen habe ich durch entsprechende Verdünnung von Hypophysin mit Ringerlösung erhalten.

Da die operierten Fische sich während längerer Zeit über weißem Untergrund befanden, so hatte ihr Blut wahrscheinlich einen Zustand angenommen, der die Verdunkelung am wenigsten begünstigte. Nicht

Tabelle 2. Einspritzung von 0,2 ccm Bayer-Hypophysin in unoperierte Elritzen.

7. 6. 38. 16 Elritzen deren Länge 7 cm betrug und die sich in Aquarien auf den grauen steinernen Tischen befunden hatten, wurden gegen 17 Uhr paarweise in 8 weiße Aquarien gesetzt. *8. 6. 38.* Je einem wurde zu den in der folgenden Tabelle angegebenen Zeiten 0,2 ccm Hypophysin und dem anderen 0,2 ccm Ringerlösung eingespritzt. *Die Veränderung der Helligkeit der Fische ist in Ziffern ausgedrückt, die sich auf die Standardfarben* (S. 547, 548) *beziehen.* Z. B. ist der Unterschied zwischen 5 und >5 = 0,25 gewertet, ebenso der Unterschied zwischen >5 und 5/6, zwischen 5/6 und <6 und zwischen <6 und 6. Der Unterschied zwischen 5/6 und 6 ist als 0,50 gewertet usw.

Nr.	Eingespritzt mit	Farbe vor der Einspritzung	Zeit der Einspritzung Uhr	Farbe 11^{35} bis 11^{42} Uhr	Farbe 13^{35} bis 13^{43} Uhr	Farbe 18^{02} bis 18^{10} Uhr	Farbe 9.6. 12^{12} Uhr	Ergebnis	
								Hypophysin	Ringer (Kontrolle)
1	Hypophysin	< 8	10^{47}	< 8	5/6	6	< 8	2,25 dunkler	
2	Ringer	8	10^{48}	8	8	8	8		0 dunkler
3	Hypophysin	< 8	10^{49}	3 (krank)	1/2	gestorben			
4	Ringer	< 8	10^{50}	< 8	< 8	< 8	8		0 „
5	Hypophysin	< 8	10^{51}	< 8	< 8	< 8	< 8	0 „	
6	Ringer	< 8	10^{52}	< 8	8	< 8	< 8		0,25 heller
7	Hypophysin	< 8	10^{53}	< 8	< 8	7/8	< 8	0,25 „	
8	Ringer	< 8	10^{54}	< 8	< 8	< 8	< 8		0 dunkler
9	Hypophysin	< 8	10^{58}	7/8	7/8	7/8	7/8	0,25 „	
10	Ringer	< 8	10^{59}	< 8	< 8	< 8	< 8		0 „
11	Hypophysin	7/8	11^{00}	7/8	< 7	6/7	7/8	1 „	
12	Ringer	< 8	11^{01}	< 8	8	< 8	< 8		0,25 „
13	Hypophysin	8	11^{02}	< 8	< 8	> 7	7/8	0,75 „	
14	Ringer	< 8	11^{03}	< 8	< 8	< 8	8		0 „
15	Hypophysin	8	11^{04}	< 8	< 8	< 8	< 8	0,25 „	
16	Ringer	8	11^{05}	8	8	8	8		0 „

Tabelle 3.

Einspritzung von 0,2 ccm Bayer-Hypophysin in operierte Elritzen.

16. 5. 38. Bei 18 Elritzen, die alle 7 cm lang waren, wurde die Rückenmarkdurchtrennung vorgenommen. Die Fische wurden dann in weiße Aquarien gebracht.

6. 6. 38. Die Elritzen hatten schon lang ihre maximale Helligkeit erreicht und behalten. Der erste Fisch erhielt eine Einspritzung mit Hypophysin, der nächste mit Ringerlösung und so fort in abwechselnder Folge bis alle 18 Stück behandelt waren.

Nr.	Eingespritzt mit	Farbe vor der Einspritzung	Zeit der Einspritzung Uhr	Farbe 12^{45} bis 12^{53} Uhr	Farbe 14^{15} bis 14^{24} Uhr	Farbe 16^{45} bis 16^{51} Uhr	Ergebnis	
							Hypophysin	Ringer (Kontrolle)
1	Hypophysin	4/5	11^{30}	3/4	3/4	3	1,5 dunkler	
2	Ringer	4	11^{31}	3	3	3		1 dunkler
3	Hypophysin	4/5	11^{32}	4/5	4/5	3	1,5 ,,	
4	Ringer	< 7	11^{33}	6/7	6/7	6/7		0,25 ,,
5	Hypophysin	4	11^{34}	4	5	5/6	1,5 heller	
6	Ringer	6/7	11^{35}	6	6	6		0,5 ,,
7	Hypophysin	6/7	11^{36}	6	5	4	2,5 dunkler	
8	Ringer	6	11^{37}	6	5/6	5/6		0,5 ,,
9	Hypophysin	4/5	11^{38}	4/5	> 3	< 3	1,75 ,,	
10	Ringer	6/7	11^{41}	6/7	6/7	< 6		0,75 ,,
11	Hypophysin	6	11^{42}	< 6	5	4/5	1,5 ,,	
12	Ringer	> 6	11^{43}	6	6	6		0,25 ,,
13	Hypophysin	6/7	11^{45}	6	5/6	< 5	1,75 ,,	
14	Ringer	5/6	11^{46}	5	5	< 5		0,75 ,,
15	Hypophysin	5	11^{47}	4	< 4	3/4	1,5 ,,	
16	Ringer	6	11^{48}	6	5/6	< 5		1,25 ,,
17	Hypophysin	6	11^{49}	6	< 5	4/5	1,5 ,,	
18	Ringer	6	11^{50}	6	5/6	4/5		1,5 ,,

Tabelle 4. Zusammenfassung der Gesamtergebnisse von Einspritzungen mit Bayer-Hypophysin (die Ziffern vor „dunkler" bzw. „heller" geben die Summe der Helligkeitsdifferenzen für die Fische an, bezogen auf die Standardfarben [vgl. Bemerkung vor Tabelle 2]).

	Hypophysin	Ringerlösung
	In unoperierte Elritzen (7 cm)	
0,5 ccm (15 Fische)	5 dunkler 7 Fische	0,25 dunkler 8 Fische
0,4 ccm (12 ,,)	3,5 ,, 5 ,,	0 ,, 6 ,,
0,2 ccm (16 ,,)	4,75 ,, 7 ,,	0,5 heller 8 ,,
0,05 ccm (16 ,,)	2,5 ,, 8 ,,	0 ,, 8 ,,
0,02 ccm (16 ,,)	0,75 ,, 8 ,,	0,25 ,, 8 ,,
	In operierte Elritzen (7 cm)	
0,5 ccm (17 Fische)	11,75 dunkler 8 Fische	0,75 dunkler 9 Fische
0,2 ccm (18 ,,)	13,5 dunkler (8 F.), 1,5 heller (1 F.)	6,75 ,, 9 ,,
0,1 ccm (17 ,,)	10,5 dunkler 9 Fische	1,5 ,, 8 ,,
0,02 ccm (13 ,,)	7,25 ,, 7 ,,	0,5 ,, 6 ,,
0,01 ccm (18 ,,)	8,25 ,, 9 ,,	1,75 ,, 9 ,,
0,005 ccm (18 ,,)	5 dunkler (8 F.), 1 heller (1 F.)	1 ,, 9 ,,
0,002 ccm (18 ,,)	1,75 dunkler 9 Fische	1,25 ,, 9 ,,

operierte Fische waren dagegen nur etwa einen Tag im weißen Aquarium, so daß man annehmen konnte, daß die Verdunkelung leichter eintreten sollte. Trotzdem waren operierte Fische viel leichter von dem eingespritzten Hypophysin zu beeinflussen. Diese Erscheinung zeigt, daß

der periphere Nerveneinfluß den hormonalen stark überwiegt. Es ist also erklärlich, daß so viele Versuche anderer Autoren keine klaren Ergebnisse zeigten, da es unterlassen wurde, vorher das periphere Nervensystem der Versuchstiere auszuschalten. Wurde z. B. eine Versuchsreihe durchgeführt, um die Ausbreitung der Melanophoren nach der Einspritzung einer Substanz nachzuweisen, so setzte man dazu die Fische auf weißen Untergrund. Hier aber erzeugte das periphere Nervensystem gerade die meiste Gegenwirkung, so daß der Versuch oft kein Ergebnis zeigte. *Aus diesem Grund benützte ich zu allen noch folgenden Versuchen nur Fische mit durchschnittenem Rückenmark.*

Tabelle 5. Einspritzung mit Bayer-Hypophysin-Konservierungsmittel.

9 Elritzen mit durchschnittenem Rückenmark die nach 8 Tagen in weißen Aquarien hell geworden waren, wurden am *17. 5. 39* mit 0,2 bzw. 0,1 ccm Konservierungsmittel eingespritzt.

Nr.	Farbe um 10 Uhr	Menge und Zeit der Einspritzung		10^{50} Uhr	11^{45} Uhr	13^{20} Uhr
		ccm	Uhr			
1	4/5	0,2	10^{10}	3/4	>3	>3
2	6	0,2	10^{11}	<4	4	>4
3	5	0,2	10^{13}	4/5	4	3/4
4	6/7	0,2	10^{14}	5/6	>4	4/5
5	7	0,2	10^{15}	6	5/6	>6
6	4	0,1	10^{17}	3/4	>3	3
7	5	0,1	10^{18}	4	4	3/4
8	6	0,1	10^{19}	5/6	5	>4
9	6	0,1	10^{21}	5	4/5	>4

Es fragt sich nun, ob die beobachtete Verdunkelung allein auf die Wirkung des Drüsenextraktes zurückzuführen ist, oder ob etwa die bei der Herstellung des Präparates verwendeten Konservierungsmittel auch eine Rolle dabei spielen. Di Mattei (1928) hat gefunden, daß Melanophoren nach Einspritzungen von Konservierungsmitteln sich ausbreiten. Ich versuchte daher, ob durch Einspritzung der Konservierungsmittel allein, ohne Hypophysenextrakt, etwa auch ein Farbwechsel hervorgerufen wird. Eine solche Lösung wurde mir von der Herstellerfirma freundlichst überlassen. Sie war in der Tat wirksam; die Einspritzung der Konservierungsmittel allein ruft auch eine Verdunkelung hervor. Dies zeigt Tabelle 5.

Es ist also bei derartigen Versuchen geboten, auch Kontrollversuche mit den Konservierungsmitteln der Präparate zu machen.

Ob bei meinen Versuchen eine spezifische Wirkung von Hypophysenhormon vorliegt, ist nicht zu entscheiden, da sie durch den Einfluß des Konservierungsmittels vorgetäuscht sein kann.

Es war daher notwendig die Wirkung des Hypophysenhormons auf andere Weise zu überprüfen.

2. Implantationsversuche.

Giersberg (1932) hat gezeigt, daß Implantation der Elritzenhypophyse in den Bauch der Elritze eine Ausbreitung der Xanthophoren und Erythrophoren veranlaßt. Er erwähnt aber keinen Einfluß auf die Melanophoren. Da wir aber die überwiegende Bedeutung des peripheren Nervensystems gegenüber der Hormonwirkung erkannt haben, können

wir vielleicht erwarten, daß Implantation von Elritzenhypophyse bei Fischen, deren Farbwechselnerven ausgeschaltet sind, eine sichtbare Wirkung auf die Melanophoren ausübt.

Einer Anzahl von Fischen, denen vor längerer Zeit das Rückenmark durchschnitten worden war und die schon eine konstante Helligkeitsstufe erreicht hatten, implantierte ich in den Bauch Elritzen- und Froschhypophyse, Gehirnsubstanz und Muskelteilchen von Elritzen und Fröschen. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in der untenstehenden Übersicht Tabelle 6, zusammengestellt.

Ich führe jetzt einige Beispiele meiner Ergebnisse an und anschließend eine Gesamtübersicht.

18. und *19. 5. 38.* 18 Elritzen von 5,5—6 cm lang. Rückenmark durchschnitten und in weiße Aquarien gestellt. *25. 5. 38.* Die Fische hatten schon 3 Tage ihre maximale Helligkeit gehalten. Von 12^{35}—16^{26} Uhr wurden sie implantiert, entweder mit 2 Elritzenhypophysen oder mit 1 Hypophyse von einem 6—7 cm Frosch *(R. esculenta)* oder mit einem kleinen Stück Gehirn- oder Muskelgewebe.

Nr.	Farbe am 26. 5.	Gewebe implantiert	27. 5. $14.^{45}$ Uhr	28. 5. $13.^{15}$ Uhr	30. 5. $12.^{45}$ Uhr	31. 5. $17.^{30}$ Uhr
524	4	Elritzenhypophysen	4/5	< 5	3/4	< 1
525	6	Elritzenvorderhirn	6/7	6/7	7	7
526	5	Froschhypophyse	5	> 5	< 5	5
527	6/7	Elritzenhypophysen	5	> 5	6	5
528	4	Elritzenmuskel	3	< 4	5	4/5
529	> 6	Froschhypophyse	3	3	< 4	3

Tabelle 6.

Übersicht über die Ergebnisse von 35 solchen Versuchen:

Implantiert mit	Verdunkelung	Aufhellung	Ohne Einfluß
2 Elritzenhypophysen	10	1	1
1 Elritzenhypophyse	8	2	8
1 Froschhypophyse	8	0	3
Andere Gewebe	2	5	5

Die Implantation von Frosch- und Elritzenhypophyse scheint eine Verdunkelung hervorzurufen, während die Implantation von den anderen Gewebeteilen kein konstantes Ergebnis hat.

Es ist aber die Feststellung wichtig, *daß Fische die mit Elritzenhypophyse implantiert wurden, zunächst fast immer eine Aufhellung zeigten die den Grad 7/8 erreichen konnte. Diese Aufhellung dauerte von 3—8 Stunden und verschwand dann allmählich.* Da diese Erscheinung *nur* bei Implantation der *Elritzenhypophyse* eintritt, muß sie auf diese Drüse zurückzuführen sein. Die Aufhellung trat an verschiedenen Körperteilen ungleichmäßig auf, so daß die Fische ein fleckiges Aussehen erhielten und ihre Gesamthelligkeit nach den Standardfarben schwer zu bestimmen war. Ich habe darum diese primäre Aufhellung in die obigen Tabellen nicht aufgenommen. Die später auftretende Verdunkelung ist mit dieser Aufhellung schwer zu vereinen. Ich kann sie vorläufig nicht deuten.

3. Einspritzungen frisch hergestellter Hormonextrakte von verschiedenen Hypophysen.

Ich verwendete Hypophysen von Elritzen, Forellen, Zwergwels *(Ameiurus nebulosus)* und Fröschen *(Rana esculenta* und *Rana temporaria)*.

Die Extrakte wurden folgendermaßen hergestellt: Das betreffende Gewebe wurde in einem Mörser zusammen mit etwas analytischem Quarzsand und ein wenig Ringerlösung zerrieben, darauf zentrifugiert.

a) Einspritzungen von Elritzen- und Froschhypophysenextrakt in Elritzen mit durchtrenntem Rückenmark.

15. 9. 38. Rückenmark bei 15 Elritzen von 6,5 cm Länge durchtrennt und die Fische in weiße Aquarien gesetzt. — *22. 9. 38.* Die Fische hatten eine konstante Helligkeit erreicht. 5 Fischen wurde Extrakt von Elritzenmuskel, 5 Fischen von Elritzenhypophyse, 5 Fischen von Froschhypophyse *(R. temporaria)* eingespritzt.

Herstellung der Extrakte: Elritzenhypophysenextrakt. Hypophysen von 10 Elritzen, Länge 6 cm. Volumen des Extraktes 4 ccm. Eingespritzte Menge 0,3 ccm. = 0,75 Hypophyse.

Froschhypophysenextrakt. Hypophysen von 4 Fröschen, Länge 7 cm. Volumen des Extraktes 4 ccm. Eingespritzte Menge 0,3 ccm = 0,8 Hypophyse.

Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse dieser Versuche.

Tabelle 7. Einspritzungen von Elritzen- und Froschhypophysenextrakt in Elritzen mit durchschnittenem Rückenmark.

Nr.	Farbe vor der Einspritzung	Eingespritzt mit	Zeit der Einspritzung Uhr	16^{50} bis 17^{00} Uhr	18^{00} bis 18^{10} Uhr	19^{30} bis 19^{40} Uhr	23^{11} bis 11^{30} Uhr
1	> 1	0,3 ccm Elritzen-muskel-extrakt	15^{52}	1	1	1	1
2	3		15^{54}	2/3	3	3	3
3	7		15^{55}	5	5	6	6/7
4	3		15^{57}	2	2/3	< 3	> 2
5	< 6		15^{58}	5	5	5	< 5
6	< 6	0,3 ccm Elritzen-hypophysen-extrakt	16^{00}	6	6	> 6	< 6
7	5		16^{02}	6	< 6	> 5	5
8	> 6		16^{03}	7	7/8	7/8	> 5
9	5		16^{04}	< 7	7/8	< 8	5
10	2		16^{06}	6/7	7/8	< 8	> 2
11	7	0,3 ccm Frosch-hypophysen-extrakt	16^{08}	3/4	4	3	7
12	6/7		16^{09}	4,5	> 4	4	7
13	> 6		16^{10}	5	5	5	5
14	7		16^{12}	< 5	> 4	3	7
15	4		16^{13}	4	< 5	> 3	> 3

b) Einspritzung von Elritzenhypophysenextrakt in unoperierte Elritzen auf schwarzem Untergrund.

24. 9. 38. 13^{15}—13^{20} Uhr. Je zwei Elritzen, Länge 6,5 cm, wurden in sechs schwarze Aquarien gesetzt. 13^{35} Uhr. Alle waren 0/1. Je einer der beiden Fische diente zur Kontrolle und wurde mit Ringerlösung injiziert. Der andere wurde mit Elritzenhypophysenextrakt injiziert.

Herstellung des Extraktes. Hypophysen von 20 Elritzen, Länge 6 cm. Volumen des Extraktes 8 ccm d. h. 0,1 ccm = 0,25 Hypophyse (Extrakt a). 1 ccm Extrakt a mit 4 ccm Ringerlösung d. h. 0,1 ccm = 0,05 Hypophyse (Extrakt b).

Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse dieser Versuche.

Tabelle 8. Einspritzungen von Elritzenhypophysenextrakt in unoperierte Elritzen auf schwarzem Untergrund.

Nr.	Eingespritzte Menge	Zeit der Einspritzung Uhr	14^{00} Uhr	14^{30} Uhr	15^{13} Uhr	16^{20} Uhr	17^{15} Uhr	18^{00} Uhr
1	0,3 ccm Extrakt a	13^{39}	3/4	5/6	6/7	7/8	7/8	7
2	= 0,75 Hyp.	13^{41}	6	7	7/8	7/8	7/8	7
3	0,1 ccm Extrakt a	14^{39}	—	—	4	4	3	2
4	= 0,25 Hyp.	14^{40}	—	—	4	5	4/5	3
5	0,2 ccm Extrakt b	16^{25}	—	—	—	—	3	4/5
6	= 0,1 Hyp.	16^{26}	—	—	—	—	3	4/5

Die Kontrollfische sind in der Tabelle nicht erwähnt. Nach der Einspritzung von Ringerlösung wurden sie für ein paar Minuten etwas heller. Diese Erscheinung war aber nur auf die Erregung zurückzuführen und bald erreichten die Fische ihre dunkle Färbung wieder. Die mit Elritzenhypophysenextrakt injizierten Fische zeigten ebenfalls diese kurzdauernde Schreckaufhellung.

25. 9. 38. 11^{35} Uhr. Alle waren 0.

c) Einspritzung von Elritzenhypophysenextrakt in Frösche.

22. 7. 38. 8 Uhr. 14 Frösche *(R. temporaria)*, etwa 5 cm lang, wurden in je ein zylindrisches Glasgefäß mit etwas Wasser gesetzt. Die Behälter standen auf weißem Papier gut beleuchtet, ohne aber vom direkten Sonnenlicht getroffen zu sein. Die Frösche blieben etwa 5 Stunden unter diesen Bedingungen. Nach dieser Zeit wurden 7 mit Elritzenhypophysenextrakt injiziert, der aus den Hypophysen von 9 Elritzen zu je 4,5 cm Länge gewonnen war. Das Gesamtvolumen betrug 4,5 ccm. Zur Kontrolle stellte ich einen Extrakt von Elritzenmuskeln her und spritzte jedem der übrigen 7 Frösche etwas ein.

Tabelle 9 zeigt die Ergebnisse dieser Versuche.

Tabelle 9. Einspritzungen von Elritzenhypophysenextrakt in Frösche (K = Kontrolle).

Nr.	Eingespritzte Menge	Farbe vor der Einspritzung	Zeit der Einspritzung Uhr	13^{45} Uhr	15^{00} Uhr	16^{20} Uhr
1	1,3 ccm = 2,6 Hyp.	8	13^{05}	3/4	3	7
2	(K) 1,3 ccm	8	13^{07}	8	8	8
3	09, ccm = 1,8 Hyp.	8	13^{09}	4	3	< 8
4	(K) 0,9 ccm	8	13^{11}	8	8	8
5	0,6 ccm = 1,2 Hyp.	8	13^{13}	3/4	4	< 8
6	(K) 0,6 ccm	8	13^{15}	8	8	8
7	0,5 ccm = 1,0 Hyp.	8	13^{17}	3/4	3	5
8	(K) 0,5 ccm	8	13^{19}	8	8	8
9	0,4 ccm = 0,8 Hyp.	< 8	13^{21}	3	5/6	8
10	(K) 0,4 ccm	8	13^{23}	8	8	8
11	0,17 ccm = 0,34 Hyp.	8	13^{50}	—	3	< 8
12	(K) 0,17 ccm	8	13^{52}	—	8	8
13	0,1 ccm = 0,2 Hyp.	8	13^{55}	—	3/4	< 8
14	(K) 0,1 ccm	8	13^{57}	—	8	8

d) Einspritzungen von Elritzenhypophysenextrakt in unoperierte Zwergwelse.

Hypophysen von 14 Elritzen, Länge etwa 6,25 cm. Volumen des Extraktes 4 ccm, d. h. 0,1 ccm = 0,35 Hypophyse. Die Zwergwelse wurden zuerst auf weißem und schwarzem Untergrund untersucht, um sicher zu sein, daß sie einen normalen Farbwechsel hatten. Für eine halbe Stunde vor den Einspritzungen befanden sich die Zwergwelse 1, 2, 3 auf weißem, 4, 5, 6 auf schwarzem, 7, 8, 9 auf grauem Untergrund.

Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse dieser Versuche (20. 4. 39).

Tabelle 10. Einspritzungen von Elritzenhypophysenextrakt in unoperierte Zwergwelse.

Nr.	Länge in cm	Eingespritzte Menge	Farbe vor der Einspritzung	Zeit der Einspritzung	16^{50} Uhr	17^{15} Uhr	17^{50} Uhr	18^{50} Uhr.
1	8	0,4 ccm = 1,4 Hyp.	4,5	16^{13}	4/5	4/5	4/5	4/5
2	6,5	0,3 ccm = 1,05 „	4	16^{16}	4	3/4	3/4	3/4
3	6	0,3 ccm = 1,05 „	4	16^{18}	4	3/4	3/4	3/4
4	8 .25	0,4 ccm = 1,4 „	> 0	16^{21}	< 1	1	< 1	< 1
5	5,75	0,2 ccm = 0,7 „	0/1	16^{23}	< 1	1	< 1	0/1
6	6	0,1 ccm = 0,35 „	0/1	16^{25}	0/1	1	< 1	< 1
7	7,5	0,4 ccm = 1,4 „	2	16^{29}	3	4	4	4
8	6,75	0,4 ccm = 1,4 „	3	16^{31}	4/5	5	5	5
9	5,5	0,2 ccm = 0,7 „	3	16^{33}	4/5	5	5	5

e) (1) Einspritzungen von Zwergwelshypophysenextrakt in Zwergwelse.

21. 4. 39. Hypophysen von 4 Zwergwelsen, Länge 18 cm. Volumen des Extraktes 3,5 ccm, d. h. 0,1 ccm = 0,11 Hypophyse. 10 Min. vor den Einspritzungen wurden zwei Zwergwelse (1, 2) auf weißen und drei (4, 5, 6) auf grauen Untergrund gesetzt.

Tabelle 11 zeigt die Ergebnisse dieser Versuche.

Tabelle 11. Einspritzungen von Zwergwelshypophysenextrakt in unoperierte Zwergwelse.

Nr.	Länge in cm	Eingespritzte Menge	Farbe vor der Einspritzung	Zeit der Einspritzung Uhr	15^{13} Uhr	15^{40} Uhr	16^{10} Uhr	19^{10} Uhr
1	8	0,35 ccm = 0,38 Hyp.	5/6	14^{37}	3/4	> 1	2/3	3
2	6,5	0,2 ccm = 0,22 „	6	14^{38}	1/2	< 1	> 1	< 2
3	7,5	0,35 ccm = 0,38 „	3	14^{40}	2	1/2	2/3	3
4	6,7	0,2 ccm = 0,22 „	3/4	14^{42}	2/3	3/4	4	> 4
5	5,5	0,2 ccm = 0,22 „	5	14^{43}	2/3	2	4	4/5

e) (2) Einspritzungen von Zwergwelshypophysenextrakt in Elritzen mit durchtrenntem Rückenmark.

Elritzen, Länge etwa 6,25 cm. *14. 4. 39.* Rückenmark durchschnitten und in weiße Aquarien gestellt.

Tabelle 12 zeigt die Ergebnisse dieser Versuche.

Tabelle 12. Einspritzungen von Zwergwelshypophysenextrakt in Elritzen mit durchtrenntem Rückenmark.

Nr.	Eingespritzte Menge	Farbe vor der Einspritzung	Zeit der Einspritzung Uhr	15^{20} Uhr	15^{42} Uhr	16^{00} Uhr	19^{00} Uhr
1	0,3 ccm = 0,33 Hyp.	1	14^{45}	5	6	7	7/8
2	0,2 ccm = 0,22 „	4/5	14^{54}	5	6/7	5	3/4
3	0,2 ccm = 0,22 „	> 5	14^{56}	5	6/7	7	7/8
4	0,2 ccm = 0,22 „	> 5	14^{57}	5/6	6/7	7/8	7/8
5	0,2 ccm = 0,22 „	1/2	14^{58}	3	4/5	6	7
6	0,2 ccm = 0,22 „	6/7	14^{59}	7	7/8	> 7	< 7
7	0,2 ccm = 0,22 „	6/7	15^{02}	6/7	< 7	7	6/7
8	0,1 ccm = 0,11 „	6/7	15^{04}	6/7	< 7	< 7	7
9	0,1 ccm = 0,11 „	6/7	15^{05}	6	< 7	< 7	< 7
10	0,1 ccm = 0,11 „	4	15^{06}	2/3	5	6	4/5

e) (3) *Einspritzungen von Zwergwelshypophysenextrakt in unoperierte Elritzen.*

Zwei Elritzen, Länge 6,2 cm, wurden nach 15 Min. in einem schwarzen Aquarium mit 0,15 ccm = 0,16 Hypophyse eingespritzt. Farbe vor der Einspritzung 1/2 und 1/2. Einspritzung von 15^{20}—15^{21} Uhr. 15^{45}: 6/7 und 7; 16^{05}: 8 und 7/8; 19^{20}: 7 und 5/6.

f) (1) *Einspritzungen von Forellenhypophysenextrakt in Elritzen mit durchtrenntem Rückenmark.*

20. 4. 39. Hypophysen von 2 Forellen, Länge 26 cm. Volumen des Extrakts 4 ccm, d. h. 0,1 ccm = 0,05 Hypophyse.

12. 4. 39. 8 Elritzen, Länge etwa 6,5 cm, nach Durchtrennung des Rückenmarks in weiße Aquarien gestellt.

Tabelle 13 zeigt die Ergebnisse dieser Versuche.

Tabelle 13. Einspritzungen von Forellenhypophysenextrakt in Elritzen mit durchtrenntem Rückenmark.

Nr.	Eingespritzte Menge	Farbe vor der Einspritzung	Zeit der Einspritzung Uhr	13^{10} Uhr	14^{30} Uhr	15^{30} Uhr	17^{30} Uhr
1	0,2 ccm = 0,1 Hyp.	< 4	12^{00}	6	7/8	7/8	6/7
2	0,2 ccm = 0,1 „	6	12^{02}	7/8	7/8	7/8	< 7
3	0,2 ccm = 0,1 „	3/4	12^{04}	5	> 6	6	< 6
4	0,2 ccm = 0,1 „	5/6	12^{05}	7	< 8	< 8	7/8
5	0,1 ccm = 0,05 „	6/7	12^{08}	7/8	7/8	7/8	7
6	0,1 ccm = 0,05 „	2	12^{10}	5	< 6	5/6	4/5
7	0,1 ccm = 0,05 „	4	12^{13}	7	> 7	> 7	5
8	0,1 ccm = 0,05 „	5/6	12^{15}	7/8	7/8	7/8	7/8

f) (2) *Einspritzungen von Forellenhypophysenextrakt in unoperierten Elritzen.*

6 Elritzen, Länge etwa 6,5 cm, wurden um 10 Uhr in schwarze Aquarien gestellt.

Tabelle 14 zeigt die Ergebnisse dieser Versuche.

Tabelle 14. Einspritzungen von Forellenhypophysenextrakt in unoperierte Elritzen.

Nr.	Eingespritzte Menge	Farbe vor der Einspritzung	Zeit der Einspritzung Uhr	13^{15} Uhr	14^{25} Uhr	15^{25} Uhr	17^{25} Uhr
1	0,2 ccm = 0,1 Hyp.	0/1	12^{25}	5/6	7	7	4
2	0,2 ccm = 0,1 „	1	12^{26}	6	<7	6/7	2/3
3	0,2 ccm = 0,1 „	>0	12^{27}	4/5	6/7	6	5
4	0,1 ccm = 0,05 „	0	12^{29}	1/2	>3	3/4	1
5	0,1 ccm = 0,05 „	1/2	12^{32}	4	>5	>5	4/5
6	0,1 ccm = 0,05 „	0/1	12^{33}	2	3/4	3/4	3

Aus diesen Versuchen geht folgendes hervor: Einspritzung eines Extraktes aus Elritzenhypophyse bewirkt bei Elritzen eine Zusammenballung der Melanophoren, also Aufhellung, und zwar sowohl bei Elritzen mit durchschnittenem Rückenmark als auch bei normalen Tieren auf schwarzem Untergrund. Derselbe Extrakt ist beim unoperierten Zwergwels ohne deutliche Wirkung auf den Farbwechsel. Beim Frosch bewirkt Einspritzung des Extraktes aus Elritzenhypophyse Verdunkelung.

Einspritzung eines Extraktes aus Forellenhypophyse bewirkt bei Elritzen und zwar bei operierten und unoperierten Tieren ebenfalls Zusammenballung der Melanophoren.

Einspritzung eines Extraktes aus Zwergwelshypophyse bewirkt beim unoperierten Zwergwels Verdunkelung. Bei der Elritze und zwar bei operierten und bei normalen Tieren, wird dadurch Aufhellung herbeigeführt.

Einspritzung eines Extraktes aus Froschhypophyse bewirkt beim Frosch Verdunkelung. Bei der Elritze mit durchschnittenem Rückenmark bewirkt Froschhypophysenextrakt ebenfalls Verdunkelung.

Die Ergebnisse die ich durch Einspritzungen bekommen habe, konnten das Problem noch nicht klären. Aus anderen Untersuchungen (Koller und Meyer 1930, Kropp und Perkins 1933, Perkins und Kropp 1932) erfahren wir einiges über Farbwechselhormone bei Krebsen und, daß die Hormone den gleichen Einfluß auf einige Fischarten haben. Daraus darf aber nicht geschlossen werden, daß alle Farbwechselhormone dieselbe Wirkung auf alle Melanophoren haben. Es ist auch möglich, daß zu viel von einem Hormon gesprochen wurde, wo in Wirklichkeit nur Mischungen von Hormonen vorhanden waren. Vielleicht enthält die Hypophyse des Frosches, der Elritze und des Zwergwels auch die gleichen Hormone, jedoch in verschiedener Zusammensetzung.

4. Serumeinspritzungen.

Meyer (1931) zeigte für *Pleuronectes*, daß bei Tieren, die auf weißen Untergrund gesetzt werden, eine Einspritzung vom Blutserum eines anderen Exemplares, das längere Zeit auf schwarzem Untergrund

gehalten worden war, eine lokale Verdunkelung bewirkt. Umgekehrt bewirkt Einspritzung vom Blutserum eines auf hellem Untergrund gehaltenen Tieres in Tiere, die nur kurze Zeit dunkel adaptiert sind, lokale Aufhellung. Diese Erscheinungen beruhen auf Hormonwirkung.

Es gelang mir nicht, denselben Versuch bei der Elritze durchzuführen, weil die Menge Blutserum, die sich maximal gewinnen ließ, zu klein war. Ich versuchte es daher mit Forellen.

Einige etwa 30 cm lange Forellen waren mehrere Wochen in großen schwarzen bzw. weißen Aquarien gehalten. Die Seren stellte ich in folgender Weise her: Ich fertigte eine Anzahl innen mit Paraffin ausgekleideter Glasröhrchen an von der Gesamtlänge 14 cm und dem Durchmesser 0,8 cm, der sich nach einer Seite hin regelmäßig verkleinerte bis zu einer dünnen offenen Spitze. Ich betäubte die Forellen durch einen Stich ins Gehirn. Dann brachte ich ihnen mit einem sehr feinen Messer einen Stich ins Herz bei und führte sofort die Spitze des Glasröhrchens bis zum Herz in die Wunde ein. Das so gewonnene Blut wurde zentrifugiert und das klare Serum für die Einspritzungen verwendet.

Eine hell adaptierte Forelle bekam auf der einen Seite eine subkutane Einspritzung vom Serum eines für längere Zeit hell adaptierten Tieres, auf der anderen Seite die gleiche Menge Serum von einem dunkel adaptierten Tier. Die so behandelten hell adaptierten Forellen (insgesamt 12 Stück) bekamen auf beiden Seiten dunkle Stellen, aber auf der Seite, auf der das Serum eines dunkel adaptierten Tieres eingespritzt worden war, war die lokale Verdunkelung in den meisten Fällen um vieles stärker. Bei dunkel adaptierten Forellen war sowohl die Einspritzung vom Serum eines hell adaptierten Tieres, als auch die vom Serum eines dunkel adaptierten Tieres ohne Wirkung. Diese Versuche scheinen auf ein Verdunkelungshormon bei der Forelle hinzudeuten.

V. Hypophysenoperationen.

Einspritzungen und Transplantationen allein konnten nicht als genügend betrachtet werden. Ich versuchte deshalb eine Hypophysenexstirpation an der lebenden Elritze.

1. Ausführung der Operation.

Der betäubte Fisch wurde so auf den Rücken gelegt, daß der Kopf zum Operierenden hinzeigte. Durch einen kleinen Schnitt am Ende des Zungenbeines wurde ihm der Mund geöffnet. Das Zungenbein wurde dann mit einer Pinzette festgehalten und auf dessen beiden Seiten nach hinten bis zu den zwei ersten Zungenbeinstrahlen geschnitten. Die punktierte Linie in der Abb. 5 zeigt die Stelle des Schnittes. Mit 4 Haken, von denen einer durch das Zungenbein gesteckt war, wurde der Einschnitt weit auseinandergezogen (Abb. 6). Während dieser Vorgänge erhielten die Kiemen einen dauernden Zustrom einer $^1/_4$%igen Urethanlösung aus einem spitzen gebogenen Glasrohr. Sobald der Mund durch den Einschnitt am Zungenbein geöffnet war, wurde dieses Rohr dem Fisch unmittelbar in den Mund eingebracht. Die Zufuhr der Lösung diente nicht nur der Atmung, sondern auch zur Ausspülung der Wunde während der Operation. War das Munddach auf diese Weise freigelegt, so habe ich an der Stelle, wo die Hypophyse sitzt, ein Stück daraus herausgeschnitten und durch das kleine Loch Bindegewebe und Fett ent-

fernt und so die Knochen unter der Hypophyse sichtbar gemacht. Abb. 6 zeigt die Operation in diesem Stadium. Betrachtet man diese Abbildung, so könnte man den Eindruck bekommen, als sei das Maul des Fisches übermäßig weit aufgeschnitten worden. In Wirklichkeit ist aber gerade nur so viel Platz, um mit den Instrumenten arbeiten zu können. Der Eindruck entsteht nur durch die starke Vergrößerung des Bildes. Eine weitere Vergrößerung der Stelle, wo die Hypophyse sitzt, zeigt Abb. 7. Um die Lage der Hypophyse in bezug auf die Blutgefäße deutlich darstellen zu können, ist auf dieser Abbildung ein größeres Stück des Munddaches entfernt worden, als es die Operation an sich erforderte. Die Lage der Hypophyse selbst war ziemlich leicht zu bestimmen, da man sie durch die dünnen Knochen als hellen Fleck erkennen konnte. Allerdings war dies nicht die ganze Drüse, sondern nur ihr mittlerer und hinterer Teil. Der vorderste Anteil war von Blutgefäßen bedeckt. Mit einem besonders hergestellten überaus feinen Bohrer habe ich (mittels einer zahnärztlichen Bohrmaschine) etwas über der Mitte des hellen Flecks ein Loch bis an die Oberfläche der Hypophyse in den Knochen gebohrt. Mit einem etwas größeren Bohrer erweiterte ich das Loch so weit, daß der größere Teil der hell durchschimmernden Drüse zum Vorschein kam. Mit mehreren in verschiedenen Richtungen gebogenen Häkchen, die aus Insektennadeln hergestellt worden waren, und zwei feingeschliffenen Pinzetten entfernte ich die Drüse so weit wie möglich.

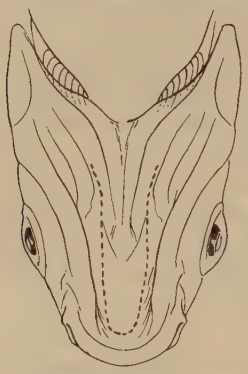

Abb. 5.
Stelle des Schnittes für die Hypophysenoperation.

Der hintere Teil ließ sich verhältnismäßig leicht entfernen, während der vordere Schwierigkeiten bereitete, weil er unter Knochen liegt, die nicht entfernt werden konnten wegen der sie bedeckenden Blutgefäße. Ich verwendete deshalb eine besonders gebogene Nadel, deren Spitze breit gehämmert war (Abb. 8), so daß daraus ein Haken entstand. Doch konnte ich nie genau feststellen, wieviel ich von der Drüse entfernt hatte. Es ergab sich daher die Notwendigkeit, den Kopf der Fische nachträglich in Serienschnitte zu zerlegen und mikroskopisch zu untersuchen. Nach der Operation wurden die Haken wieder entfernt und die Wunde vernäht. Viele solcher Fische gingen durch den Eingriff zugrunde. Doch blieb der größere Teil von ihnen am Leben. Hatten sie den ersten Tag überstanden, so lebten sie meistens auch noch einige Tage länger, manchmal sogar 2—3 Wochen.

2. Entfernung der Hypophyse bei Fischen mit durchschnittenem Rückenmark.

Wie anfangs schon erwähnt, zeigten die Fische, deren Rückenmark durchtrennt war, sehr verschiedene Helligkeitsgrade. Daher ließ ich sie zunächst 2—3 Tage in weißen Aquarien, bis ich sah, daß sie hell wurden; erst dann wurde die Hypophysenoperation vorgenommen. War die Operation ausgeführt, so zeigte sich eine Ausbreitung der Erythrophoren und eine unregelmäßige Zusammenballung der Melanophoren. Da diese Erscheinung, die nicht immer zu beobachten war, nur einige Stunden andauerte, kann man sie auf den Druck zurückführen, der auf die Hypophyse vor ihrer Entfernung ausgeübt wurde. Wie Giersberg (1932) schon nachgewiesen hat, läßt ein Druck auf die Hypophyse das die Ausbreitung der Erythrophoren bewirkende Hormon ins Blut austreten. Da wir aber gesehen haben, daß die Einspritzung von Elritzenhypophysen-

hormon in Elritzen Aufhellung hervorruft, so können wir sicher sein, daß die zeitweise Zusammenballung der Melanophoren auch auf den

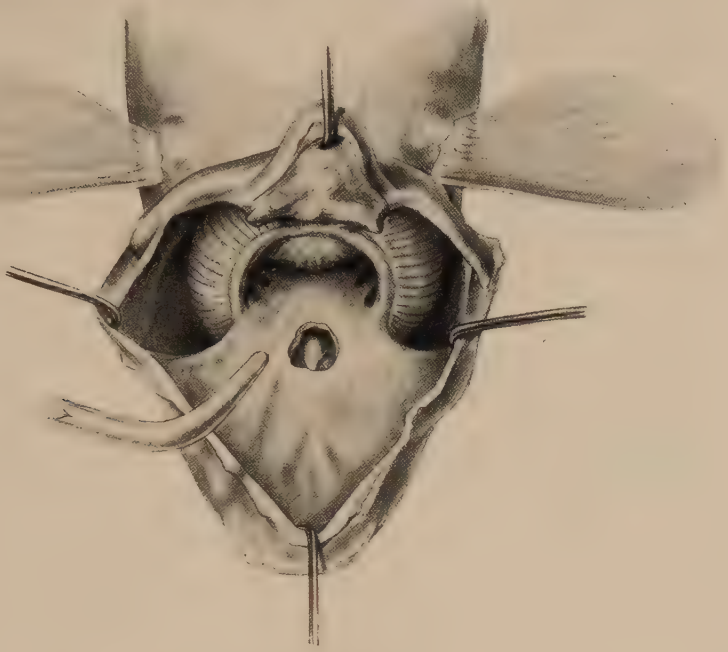

Abb. 6. Hypophysenoperation.

Druck gegen die Hypophyse zurückzuführen ist. Diese zusätzliche Aufhellung verschwand aber gewöhnlich nach 1—3 Stunden. Nach dieser kurzen Aufhellung verdunkelten sich die Fische und erreichten dabei ihr individuelles Maximum im Laufe eines Tages. Letzteres konnte zwischen 0 und 2 liegen, doch war es zumeist zwischen 0

Abb. 7. Lage der Hypophyse.

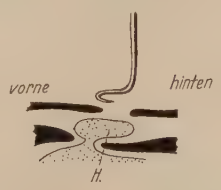

Abb. 8. Hypophyse (bei Rückenlage des Fisches) und Hypophysennadel. H Hypophyse.

und 1. Diesen Färbungsgrad behielten sie dann beliebig lang. Lag der Verdunkelungsgrad nur bei 2, so rief auch das Einbringen in ein schwarzes Aquarium keine weitere Verdunkelung mehr hervor.

Fische, deren Hypophyse nicht völlig oder beinahe völlig entfernt war, zeigten diese Verdunkelung nicht. *Damit ist bewiesen, daß die Hypophyse der Elritze ein Aufhellungshormon liefert.* Es ist anzunehmen, daß die Aufhellung von Elritzen mit durchschnittenem Rückenmark im weißen Aquarium durch dieses Hormon der Hypophyse bewirkt wird.

Es folgen einige Beispiele aus den Protokollen:

Hyp. Nr. 2. 11. 7. 38. Rückenmarkdurchtrennung. *Weißes Aqm.: 12. 7.* 2. *13. 7.* 5/6. *15. 7.* <7. 18^{10}: *Hypophysenoperation. 16. 7.* >0. *17. 7.* 0/1. *18. 7.* <1. *19. 7.* <1. *20. 7.* <1; starb.

Hyp. Nr. 20. 12. 7. 38. Rückenmarkdurchtrennung. *Weißes Aqm.: 13. 7.* 0. *15. 7.* >7. *16. 7.* 6/7. *17. 7.* 7. *18. 7.* 7. 19^{00}: *Hypophysenoperation. 19. 7.* 0. *20. 7.* 0. *21. 7.* 0/1. *22. 7.* >0. *23. 7.* <1. *24. 7.* >0. *25. 7.* <1. *26. 7.* >0. *27. 7.* 0/1. *28. 7.* 1; starb.

Hyp. Nr. 24. 13. 7. 38. Rückenmarkdurchtrennung. *Weißes Aqm.: 15. 7.* 4. *17. 7.* 4. *18. 7.* 4. 16^{00}: *Hypophysenoperation. 19. 7.* 0. *20. 7.* >0. *21. 7.* 0. *22. 7.* 0. *23. 7.* >0. *24. 7.* >0. *25. 7.* <1. *26. 7.* 0/1. *27. 7.* 0/1. *28. 7.* <1. *29. 7.* 2; starb.

Die täglichen Beobachtungen wurden gegen 12 Uhr gemacht.

Im ganzen wurden 48 Elritzen in dieser Weise behandelt. Bei 9 war die Hypophyse völlig, bei 11 beinahe völlig entfernt. Diese blieben in weißen Aquarien nicht mehr hell. Die übrigen Fische blieben hell.

3. Entfernung der Hypophyse bei Fischen mit normalem Rückenmark.

Die gleiche Operation wie oben führte ich an gesunden Elritzen aus, die ich zuvor auf ihren normalen Farbwechsel untersucht hatte. Ich operierte sie, setzte sie in weiße bzw. schwarze Aquarien und beobachtete die Veränderung ihrer Farbe.

Fische, deren Hypophyse ganz oder beinahe ganz entfernt war, *blieben im weißen Aquarium zunächst einige Stunden hell, wurden dann aber allmählich dunkler* und erreichten nach 2—3 Tagen einen Grad, der meist zwischen 4 und 7 lag. Die individuellen Färbungen waren jedoch keineswegs konstant, sondern schwankten während der ganzen Beobachtungszeit.

Zum Beispiel:

H.U. Nr. 39. 15. 1. 39. Weißes Aqm.: 17. 1. 14^{00}: 7; 14^{20}: *Hypophysenoperation.* 19^{30}: 6. *18. 1.* 12^{00}: 4. *19. 1.* 12^{00}: 4. *20. 1.* 16^{00}: 4. *21. 1.* 17^{00}: 4/5. *22. 1.* 12^{30}: 5. *23. 1.* 9^{30}: 4. 10^{57}: 6. *24. 1.* 12^{00}: 4.

H.U. Nr. 52. 15. 1. 39. Weißes Aqm.: 17. 1. 14^{00}: 8. 14^{50}: *Hypophysenoperation.* 19^{30}: 7. *18. 1.* 12^{00}: 6. *19. 1.* 12^{00}: 5/6. *20. 1.* 16^{00}: 5. *21. 1.* 17^{00}: 5/6. *22. 1.* 12^{30}: 4/5. *23. 1.* 11^{00}: 6. *24. 1.* 12^{00}: 5.

Im schwarzen Aquarium war der Vorgang umgekehrt, d. h. die Fische wurden zunächst hell, *wurden dann nach einigen Stunden dunkler, um hierauf in den nächsten Tagen wieder langsam aufzuhellen*, wobei sie meistens den Grad 3, manchmal jedoch auch den Grad 7 erreichten. Auch hier waren innerhalb kurzer Zeiten bedeutende Schwankungen zu beobachten (s. Tabelle 15). Ich erkläre diese erste Aufhellung wiederum mit dem Druck auf die Hypophyse bei der Operation. Hierauf erfolgt

eine Anpassung an den dunklen Untergrund, die aber von dem hypophysenlosen Fisch ebensowenig auf die Dauer gehalten werden kann, wie die helle Farbe auf hellem Untergrund. War die Hypophyse nur teilweise entfernt, so konnte man dieselben Erscheinungen bemerken, ja selbst dann noch, wenn auch nur ein ganz geringes Stückchen herausgenommen war. Bevor wir hierauf näher eingehen, ist es notwendig, das entsprechende Schrifttum zu betrachten.

Abramowitz (1936), Osborn (1938), Parker (1934c) weisen die Anwesenheit eines Hormons bei *Ameiurus* nach, das die Melanophoren ausbreitet, geben jedoch nicht an, in welchem Teil der Hypophyse das Hormon entsteht. Abramowitz zeigte dasselbe nochmals (1937) für *Fundulus*. Unter den Elasmobranchiern besitzt *Mustelus canis* im Hinterlappen ein die Melanophoren ausbreitendes Hormon, wie Lundstrom und Bard zeigten (1932). Der Hinterlappen von Elasmobranchiern soll dem Zwischenlappen der höhere Wirbeltiere gleichen.

Parker (1938a) hat ebenfalls ein die Melanophoren ausbreitendes Hormon nachgewiesen, das in der Hypophyse der gleichen Spezies vorhanden ist. Waring (1938) fand die Anwesenheit eines Hormons im Vorderlappen bei Elasmobranchiern, das die Melanophoren zusammenballt. Hogben (1936) macht wahrscheinlich, daß bei einigen Elasmobranchiern der Vorderlappen ein die Melanophoren zusammenballendes, die Zwischenlappen ein ausbreitendes Hormon enthalten. Giersberg (1934) stellt fest, daß sich bei Goldfischen *nach Exstirpation der Hypophyse* die Melanophoren auf schwarzem Untergrund nicht mehr so stark ausbreiten, wie bei normalen Tieren. Schließlich wäre noch zu erwähnen, daß ähnliche Ergebnisse bei Cyclostomen, Amphibien und Reptilien gefunden worden sind. Young (1935) konnte nachweisen, daß in der *Pars nervosa* und im Zwischenlappen von *Lampetra* ein die Melanophoren ausbreitendes Hormon vorhanden ist. Beim gleichen Tier zeigten Young und Bellerby (1935), daß Extrakte des Vorderlappens Aufhellungen bewirkten. Hogben und Slome (1931) berichten, daß bei *Xenopus* augenscheinlich die *Pars tuberalis* ein zusammenballendes, der Zwischenlappen ein ausbreitendes Hormon enthält. Bei den Reptilien haben Kleinholz bei *Anolis* (1938) und Parker bei *Phrynosoma* (1938b) ein ausbreitendes Hormon nachgewiesen.

Bei allen bis jetzt untersuchten Tieren konnte die Anwesenheit eines die Melanophoren ausbreitenden Hormons nachgewiesen werden. In allen denjenigen Fällen, wo eine genauere Untersuchung nach dem Sitz des Hormons in der Hypophyse gemacht wurde, hat sich gezeigt, daß sich dieser im Zwischenlappen befindet. In den Fällen, wo ein die Melanophoren zusammenballendes Hormon nachgewiesen wurde, hat man gefunden, daß sich der Sitz dieses Hormons im Vorderlappen befindet.

Bei meinen Versuchen war die Elritze mit durchtrenntem Rückenmark nicht mehr fähig im weißen Aquarium hell zu werden und die Elritze mit normalem Rückenmark konnte nicht mehr ihre normale Helligkeit auf weißem Untergrund erreichen, wenn die Hypophyse völlig oder beinahe völlig entfernt war. Blieb noch ein erkennbares Stück des Vorderlappens zurück (die Entfernung wurde von hinten nach vorn ausgeführt), so konnte der Fisch hell werden. Es ist also leicht möglich, daß bei der Elritze der Sitz des die Melanophoren zusammenballenden Hormons sich im Vorderlappen der Hypophyse befindet. Dies würde

den Befunden bei den von anderen Autoren untersuchten Tieren entsprechen. Aus meinen eigenen Versuchen geht noch nicht deutlich hervor, ob überhaupt ein Verdunkelungshormon in der Hypophyse der Elritze vorhanden ist. Denn die Verdunkelung auf schwarzem Untergrund kann ebenso gut durch das Fehlen von zusammenballenden Hormonen hervorgerufen sein. Doch wenn ein ausbreitendes Hormon wirklich vorhanden ist, so wäre es denkbar, daß es sich ebenfalls — wie bei anderen Tieren — im Zwischenlappen befindet.

Leider haben wir noch keine genaue Kenntnis von der Morphologie der Elritzenhypophyse. So viel ich aus meinen Untersuchungen entnehmen kann, liegt der Zwischenlappen in dem allerhintersten Teil der Hypophyse. Dieser Teil wird aber am ersten bei den Operationen angegriffen. Daher liegt die Vermutung nahe, daß die Aufhellung eines sonst unoperierten Fisches, dem nur ein Teil der Hypophyse entfernt wurde und der sich auf einem schwarzen Untergrund befindet, mit einer Verletzung des Zwischenlappens erklärt werden kann. Allerdings besteht auch die Möglichkeit, daß infolge Verletzungen ein Strom zusammenballender Hormone ins Blut geriet. Endlich liegt die dritte Möglichkeit vor, daß die Aufhellung, die auch dann eintritt, wenn die Hypophyse ganz entfernt ist, nur von dem Übelbefinden des operierten Fisches herrührt. Kontrollversuche zeigen, daß diese Vermutung nicht von der Hand zu weisen ist.

Tabelle 15.
Entfernung der Hypophyse bei gesunden Elritzen auf schwarzem Untergrund.

Zeit der Beobachtung		Nr. 60	Nr. 62	Nr. 63
25. 1. 39		0	0	0
Hypophysenoperation von 14^{30} bis 17^{00} Uhr				
26. 1. 39	17^{00}	0/1	1	1/2
27. 1. 39	11^{00}	1	1	1
28. 1. 39	17^{00}	1	1	1/2
30. 1. 39	15^{00}	2	>1	<2
31. 1. 39	17^{00}	1	2/3	2
1. 2. 39	17^{00}	3/4	1/2	3/4
2. 2. 39	16^{00}	4	>1	4
3. 2. 39	16^{00}	4	1/2	4/5
4. 2. 39	12^{00}	>4	1/2	>4
5. 2. 39	12^{00}	4/5	2/3	4/5
6. 2. 39	13^{43}	4	3	4
Weißes Aqm. bis 14^{36} Uhr; dann schwarzes				
	14^{36}	6	5/6	7
	14^{40}	>1	1	4
	14^{44}	>1	1	4
Weißes Aqm. bis 15^{13} Uhr; dann schwarzes				
	15^{13}	5/6	6	6/7
	15^{15}	1/2	1/2	4/5
	15^{20}	1	1	>3
	15^{21}	0/1	0/1	3

Interessant wäre es gewesen, den Farbwechsel derartiger Fische zu untersuchen um festzustellen, ob sie nach mehrmaliger Wiederholung der Versuche im Stand sind, die Vorgänge zu beschleunigen, so wie das beim gesunden Fisch der Fall ist. Jedoch bereitete dies große Schwierigkeiten, weil, wie schon gesagt, die individuellen Färbungen bedeutende Schwankungen aufwiesen. Darüber geben Tabelle 15 und das Beispiel aus den Protokollen auf S. 570 Auskunft. Ich komme auf diese Versuche in anderem Zusammenhange (im letzten Abschnitt der Arbeit) noch einmal zurück.

VI. Einfluß der Lichtintensität.

Es ist oft zu beobachten, daß im Dunkeln gehaltene Fische heller werden als solche, die dem Licht ausgesetzt sind.

Diese Erscheinung haben PARKER (1934c) und ABRAMOWITZ (1936) bei *Ameiurus* erwähnt, jedoch ohne herauszufinden, wie der Lichtreiz zur Wirkung kommt. MATSUSHITA (1938) hat denselben Effekt bei *Parasilurus* gefunden, ebenso MURISIER (1921) bei der Forelle und PARKER und LANCHNER (1922) bei *Fundulus*. WYKES (1937/38) konnte nachweisen, daß bei *Ameiurus* die Spinalnerven den Reiz übertragen. Sie konnte jedoch keinen lokalen Reizeinfluß des Lichtes feststellen. v. FRISCH (1912) konnte einen solchen bei *Crenilabrus* nachweisen. Bei der Elritze ist es bis jetzt nicht gelungen, mit Beleuchtung eine lokale Verdunkelung zu erzielen. v. FRISCH (1911) zeigte, daß eine Verdunkelung des Körpers durch Beleuchtung auch bei geblendeten Elritzen eintritt, und zwar rührt sie her von der Beleuchtung des Zwischenhirns. Bestrahlung dieser Gegend mit einem Punktlicht ruft Verdunkelung der ganzen Haut hervor. Eine Beleuchtung von anderen Körperstellen blieb ohne Einfluß auf die Farbe. Auch SCHARRER (1928) konnte nicht feststellen, daß sich die Melanophoren der Elritze auf lokalen Lichtreiz ausbreiten.

Ich beobachtete dauernd, daß Elritzen mit durchtrenntem Rückenmark nachts heller waren als bei Tag. Diese Erscheinung tritt bei Fischen sowohl im weißen als auch im schwarzen Aquarium auf. Die Stärke der Farbänderung war bei den einzelnen Fischen sehr verschieden: selten kam es vor, daß eine Farbänderung nicht zu sehen war. Die gleichen Erscheinungen beobachtete ich auch bei Fischen ohne Hypophyse. Um die Schnelligkeit dieser Beleuchtungsreaktion zu bestimmen, setzte ich den Versuchsfisch in ein Aquarium mit Durchlüftung, das sich in einer lichtdichten Kiste befand. Der Fisch blieb für einige Minuten in dem Aquarium, dann wurde der Kistendeckel abgenommen und der Fisch dem Licht von 2 elektrischen Birnen (30 W.) auf etwa 40 cm Entfernung ausgesetzt. Die Farbe des Fisches verdunkelte sich. Der Fisch wurde wieder zugedeckt und der Versuch mehrere Male wiederholt. Ich verglich die Zeit in welcher diese Reaktion geschah bei einfach geblendeten Fischen mit der Zeit derselben Reaktion bei Rückenmarkoperierten geblendeten Fischen.

So ergab sich z. B. in einem Fall aus einer Serie solcher Beobachtungen, daß der Fisch seine Farbe von 8—2 innerhalb etwa 45 Sek., von 2—8 innerhalb etwa 55 Sek. wechselte. Jetzt schnitt ich das Rückenmark durch und ließ den Fisch in einem hellen Raum. Nach 6 Tagen ergab die Wiederholung des Versuches, daß der Fisch mit nunmehr durchtrenntem Rückenmark seine Farbe von 7— <4 innerhalb etwa $2^1/_2$ Min., von <4—7 innerhalb etwa $7^1/_2$ Min. wechselte.

Um genauer den Einfluß von Licht und Untergrund zu beobachten, stellte ich folgende Versuche an:

a) Sehende Elritzen. Sechs Fische mit durchtrenntem Rückenmark wurden in der Dunkelkammer in 3 weiße Aquarien derartig verteilt, daß je zwei Fische auf ein Aquarium kamen. Ich beleuchtete jedes Aquarium

mit einer elektrischen Birne (30 W.) auf etwa 40 cm Entfernung. Unter diesen Bedingungen blieben die Fische, bis sie ziemlich hell geworden waren. Darauf wurde das Licht für kurze Zeit ausgemacht, dann ließ ich es wieder brennen (und dies wurde einmal wiederholt) bis die Fische ihre individuelle maximale Helligkeit erreicht hatten und diese für ein paar Tage erhalten hatten. Dann wurde das Licht ausgelöscht. Um die Farben der Fische zu beobachten, mußte das Licht zu verschiedenen Zeiten während der Versuche, aber jeweils nur für einige Sekunden, angezündet werden. Schließlich ließ ich es wieder für dauernd brennen.

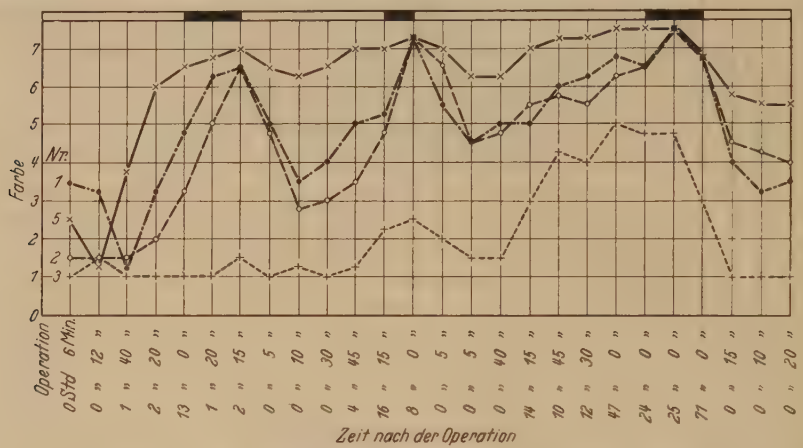

Abb. 9. Elritzen mit durchschnittenem Rückenmark auf weißem Untergrund in der Dunkelkammer. Auf der Abscisse ist die Zeit zwischen je zwei Kurvenpunkten in Stunden und Minuten aufgetragen. Die unter sich gleichen Abstände der Abscisseneinteilung entsprechen ganz verschiedenen Zeitabständen, die jeweils angegeben sind.

Die Ergebnisse dieser Versuche von vier Fischen zeigen die Kurven (Abb. 9). Die übrigen zwei Fische (4 und 6) gaben Ergebnisse, die denen der Fische 1 und 2 ähnlich waren.

Wie die Kurven zeigen, wurden die Fische zuerst dunkel. Etwa $1^1/_2$ Stunden nach der Operation fingen sie an hell zu werden. Sie wurden dann etwa $3^3/_4$ Stunden lang im Dunkeln gehalten und hellten sich dabei noch mehr auf. Wurde die Beleuchtung nun wieder eingeschaltet, so wurden die Fische zuerst schnell dunkler um sich dann allmählich wieder aufzuhellen. Eine zweite Dunkelperiode (8 Stunden) hatte dasselbe Ergebnis. Nachdem die Fische im Licht ihre dauernde individuelle maximale Helligkeit erreicht hatten, wurden sie für längere Zeit (4 Tage) im Dunkeln gehalten. Dabei wurden sie zuerst noch heller und dann allmählich dunkler. Nach dem Wiederanschalten der Beleuchtung wurden sie schnell noch bedeutend dunkler.

Aus diesen Versuchen, die ein zweites Mal an sechs Fischen angestellt wurden, erhellt, daß Beleuchtung eine Verdunkelung des Fisches hervorruft. Diese durch Beleuchtung veranlaßte Verdunkelungsreaktion wirkt

dem Weißhormon entgegen, auch wenn dieses in seiner natürlichen maximalen Konzentration vorhanden ist. Denn Fische, die ihre maximale Helligkeit erreicht hatten, wurden rasch noch heller, wenn das Licht ausgelöscht wurde. Ich vermute, daß, wenn das Licht für längere Zeit ausgemacht wird, die Menge des Weißhormons, das im Blutkreislauf zirkuliert, sich verringert und der Fisch so langsam dunkler wird in dem Maße, in welchem das Hormon ausgeschieden wird. Der Fisch ist aber währenddem im Dunkeln und wenn das Licht angemacht wird, so verstärkt sein Einfluß die schon vorhandene Dunkelfärbung, der Fisch wird also noch dunkler.

Tabelle 16. Blendung in einem hellen Zimmer. Rückenmark durchschnitten am *14. 9. 37.* Fische in weißen Aquarien. Am *21. 9.* von 9^{40}—10 Uhr wurden ihre Augen entfernt.

Nr.	17. 9. 12 Uhr	19. 9. 11 Uhr	21. 9. 9 Uhr	21. 9. 14 Uhr	22. 9. 17 Uhr	23. 9. 14 Uhr
188	6/7	7/8	< 8	5	3/4	1/2
189	6/7	7/8	< 8	5	3/4	1/2
190	0/1	5	6/7	3	3/4	< 1
191	3/4	> 6	7/8	5	3/4	1/2
192	4/5	6/7	7/8	> 5	< 5	3
194	3/4	> 6	> 7	< 5	4	0/1
195	4/5	7	< 8	> 7	6/7	5/6
196	2/3	< 5	6/7	3	< 3	1

b) Blendung. Elritzen mit durchschnittenem Rückenmark, die dann in weißen Aquarien hell geworden waren, wurden geblendet, worauf sie dunkler wurden. Dieses Dunkelwerden dauerte an, bis jeder Fisch eine beständige individuelle Färbung erreichte (s. Tabelle 16). Ich nehme an, daß der Anblick des weißen Untergrundes die Abscheidung des Weißhormons durch die Hypophyse fördert. Nach dem Ausfall der Augen wird weniger Weißhormon gebildet, der Fisch wird dunkler. Durch den schon im voranstehenden Abschnitt nachgewiesenen Einfluß des Lichtes wird die Verdunkelung der Haut noch verstärkt.

Tabelle 17. Blendung in der Dunkelkammer. *1. 10. 37.* Ich schnitt das Rückenmark von einigen Elritzen durch und stellte sie in weiße Aquarien. *12. 10.* Von 11^{45}—12 Uhr wurden die Fische bei schwachem Licht in der Dunkelkammer geblendet und dann im Dunkeln gelassen. *15. 10.* Ich beleuchtete die Fische (11 Uhr).

Nr.	12. 10. 11^{00} Uhr	15. 10. 11^{00} Uhr	15. 10. 11^{15} Uhr	15. 10. 11^{30} Uhr	15. 10. 11^{35} Uhr
211	> 7	4	> 1	> 1	> 1
212	7	4	0/1	0/1	0/1
213	7/8	3/4	< 1	1	< 1
214	7/8	3/4	0/1	0/1	0/1

Wenn der Fisch, noch während er sich im weißen Aquarium befand, in der Dunkelkammer schnell bei schwachem Licht geblendet wurde und dann in völliges Dunkel kam, wurde er zwar dunkler, aber nicht in dem Maße, wie jene, die nach der Blendung im Hellen gehalten wurden (Tabelle 17). Machte ich nach einiger Zeit das Licht wieder an, so wurde der Fisch schnell dunkler und erreichte dabei bald ein dauerndes Stadium. Hier sind die beiden Einflüsse gesondert erkennbar. Der Wegfall der Augen bewirkt nur eine mäßige Verdunkelung.

Das spätere Hinzukommen der Belichtung der Haut macht die Verdunkelung erst vollständig.

Hat das Licht einen lokalen Einfluß?

Wie schon erwähnt, hat v. Frisch eine im Zwischenhirn liegende Stelle entdeckt, deren Beleuchtung allein bei der geblendeten, sonst aber normalen Elritze eine Verdunkelung über den ganzen Körper hervorruft. Dieser Farbwechsel ging in einigen Sekunden vor sich. Spielt nun dieses Zentrum auch bei rückenmarkoperierten Fischen eine Rolle? Oder war die Lichtwirkung hier eine lokale?. Es wurden folgende Versuche angestellt:

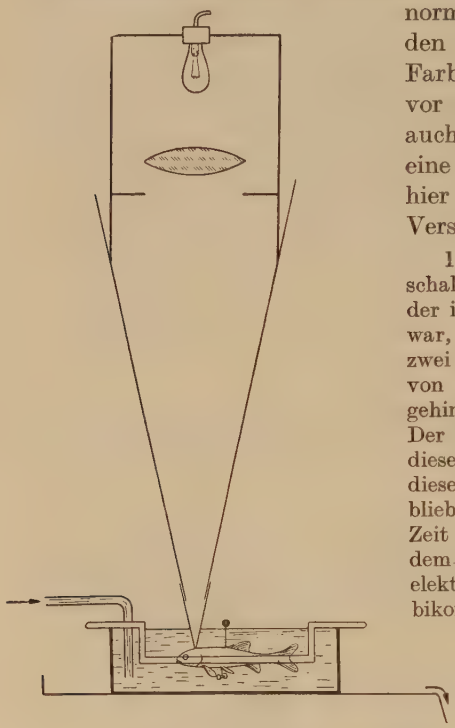

Abb. 10. Versuchsanordnung zur lokalen Belichtung.

1. In einer niedrigen zylindrischen Glasschale wurde ein rückenmarkoperierter Fisch, der in einem weißen Aquarium hell geworden war, an einem Faden aufgehängt und durch zwei parallele Glasstangen, die zu beiden Seiten von ihm angebracht worden waren, daran gehindert, nach rechts oder links auszubiegen. Der Fisch wurde ungefähr einen Tag in diesem Zustand belassen, damit er sich an diese Stellung gewöhnen konnte. Hiernach blieb er unverhältnismäßig ruhig für längere Zeit in dieser Lage (Abb. 10). Senkrecht über dem Fisch war in einem Metallzylinder eine elektrische Birne angebracht, die durch eine bikonvexe Linse ihr Licht auf den Fisch warf. Metallzylinder mit Birne und Linse waren von einem Trichter aus schwarzem Papier eingehüllt, der nach unten ein Loch freiließ. Über diesen großen Trichter war an seinem unteren Ende ein kleinerer, ebenfalls schwarzer, jedoch mit Schellack überzogener Trichter geschoben. Der Abstand zwischen dem Loch dieses zweiten Trichters und dem Fisch war so klein, daß eine Berührung zwischen Trichter und Fisch gerade noch vermieden wurde. Der zweite Trichter war auswechselbar, damit durch verschieden große Löcher kleinere oder größere Flächen der Fischhaut bestrahlt werden konnten. Der große Trichter war nicht vollständig fest am Metallzylinder angebracht, sondern so, daß er nach allen Richtungen beweglich blieb. Auf diese Weise konnte die Konzentration des Lichtkegels nach Belieben verstärkt oder abgeschwächt werden.

Mit diesem Apparat wurden verschiedene Stellen der Fischhaut beleuchtet, und es zeigte sich, daß regelmäßig eine Verdunkelung der bestrahlten Stelle eintrat. *Hiermit ist also für die rückenmarkoperierten Elritzen eine lokale verdunkelnde Wirkung des Lichtes erwiesen.* Unter den bestrahlten Stellen befand sich auch jener Punkt über dem Zwischen-

hirn, dessen Beleuchtung nach v. Frisch bei der geblendeten, sonst normalen Elritze eine Verdunkelung der gesamten Körperoberfläche hervorruft. Bei meinen Versuchstieren, denen das Rückenmark durchschnitten war, erzielte ich bei der Beleuchtung dieses Punktes nur eine lokale Verdunkelung, obwohl ich die Stelle länger als eine Stunde bestrahlte.

2. Um den Einfluß des Lichtes noch deutlicher herauszustellen, machte ich folgenden Versuch:

Ich teilte ein niedriges rechteckiges Gefäß, in das von der Seite Wasser eingeleitet werden konnte, durch eine mit fünf Löchern versehene Scheidewand in zwei annähernd gleiche Teile. Die Löcher der Scheidewand waren mit schwarzen Gummimembranen überspannt, in welche Löcher von etwas geringerem Durchmesser als dem einer Elritze eingeschnitten waren. Der Aufhängefaden der Fische wurde an einem Drahtstück befestigt. Die durch die Wand getrennten Teile des Gefäßes konnten unabhängig voneinander zugedeckt oder offengelassen werden. Der Fisch befand sich also zur Hälfte in dem einen, zur Hälfte in dem anderen Teil des Gefäßes (Abb. 11).

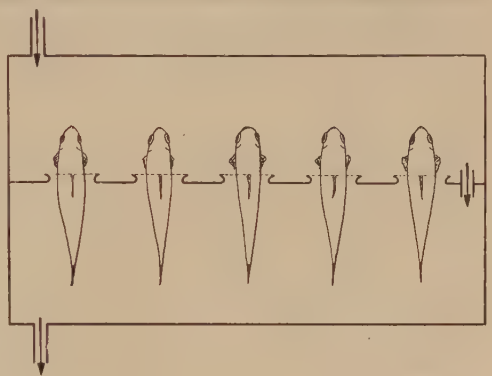

Abb. 11. Versuchsanordnung zur getrennten Belichtung vor Vorder- und Hinterkörper.

Es wurden fünf Fische mit durchtrenntem Rückenmark in das offene Gefäß gesetzt und 2 Tage darin belassen. Nach dieser Zeit wurde der Färbungscharakter registriert und beide Teile des Gefäßes zugedeckt. Nach 2—3 Stunden wurde der Deckel über der Schwanzregion der Fische abgenommen und beobachtet, daß dieser Teil der Elritzen bedeutend heller geworden war. Nach kurzer Zeit hatte er aber wieder die Tönung angenommen, die er besaß, ehe das Gefäß zugedeckt worden war. Die gleiche Erscheinung wurde auch beobachtet beim Abnehmen des Deckels über dem Kopf der Fische. Hierbei war der Helligkeitsunterschied zwischen Kopf- und Schwanzteil sehr gut zu sehen. Das Experiment wurde in der Weise wiederholt, daß zuerst der Deckel über dem Kopfteil abgehoben wurde. Das Ergebnis entsprach in allen Einzelheiten dem vorher gewonnenen.

Der Einfluß des Lichtes, wie er sich in diesen Versuchen bemerkbar gemacht hat, ist lokaler Art. Zwar haben Abramowitz (1936) beim Zwergwels *(Ameiurus)* und Veil (1935) bei *Cyprinus carpio* gezeigt, daß die Hypophyse ein Dunkelhormon absondert. Ob ein solches Hormon bei der durch Licht bedingten Verdunkelung der Elritze eine Rolle spielt, ist noch nicht untersucht worden. Man kann annehmen, daß die Erscheinung, die v. Frisch beobachtete, rein nervöser Natur war, da sie bereits nach einigen Sekunden eintrat. Man darf aber nicht vergessen, daß v. Frisch damals mit Wiener Elritzen gearbeitet hat. Die Münchner

Elritzen zeigen diese Reaktion nach mehrfachen Erfahrungen entweder sehr undeutlich oder gar nicht. Kontrollversuche mit normalen und rückenmarkoperierten Elritzen verschiedener Herkunft sind also nötig, ehe man den Vorgang klären kann.

VII. Zur Frage der doppelten Innervation der Melanophoren.

K. v. Frisch (1911) nahm nach Versuchen, in denen er verschiedene Teile des Zentralnervensystems reizte und zerstörte, als wahrscheinlich an, daß die Melanophoren im Ruhestand ausgebreitet, im Zustand der Erregung zusammengeballt sind. Das Zentrum der kontrahierenden Nerven fand er am Vorderende des verlängerten Markes. Er nahm an, daß im Zwischenhirn ein Hemmungszentrum vorhanden ist, das auf das Zentrum im verlängerten Mark hemmend wirken kann, so daß die Nerven nicht mehr ihren zusammenballenden Einfluß auf die Melanophoren ausüben können. Die Melanophoren breiten sich dann aus. v. Frisch nahm also an, daß die Melanophoren von nur einer Art von Nervenfasern innerviert werden. Ihre Durchtrennung bewirkt Lähmung, also Ausbreitung der Melanophoren.

Vereinzelt findet man in der Literatur die Erwähnung, daß die Melanophoren auch eine doppelte Innervation haben könnten. In diesem Jahrzehnt wurde dieser Gedanke durch Versuche gestützt.

Giersberg zeigte (1931) durch Einspritzung von Sympathikus und Parasympathikus erregenden und lähmenden Chemikalien, daß eine doppelte Innervation wahrscheinlich ist. Mills (1932a) benutzte die Methode von Wyman (1924), um durch einen kleinen Schnitt in die Schwanzflosse denervierte Streifen zu erhalten und brachte weitere Argumente für eine doppelte Innervation mit sympathischen und parasympathischen Fasern. Mills behauptet weiter, daß von den Nervenendigungen chemische Substanzen, Neurohormone, abgegeben werden und daß diese die Melanophoren beeinflussen. Diese Möglichkeit ist viel von Parker und seiner Schule untersucht worden (Parker, 1933, 1934a, b, c, 1935a, b; Parker und Porter 1934).

Einige Versuche meiner Arbeit sind in dieser Beziehung wichtig. Die Einspritzungen mit Bayer-Hypophysin in operierte und nicht operierte Fische zeigten deutlich die wichtige Rolle, die die zusammenziehenden Nervenfasern haben. Ihre Anwesenheit ist ohnehin durch Reizversuche bewiesen worden (v. Frisch, 1911). Andere Versuche geben Anhaltspunkte, daß auch expandierende Nervenfasern vorhanden sein können.

Der Sympathikus der Elritze wurde vor dem 15. Wirbel durchschnitten. Die betreffende Gegend stand nicht mehr unter dem Einfluß der peripheren Nerven, konnte aber noch einen langsamen durch Hormone bedingten Farbwechsel zeigen. Nach einiger Zeit wurde der Vorderteil eines solchen Fisches auf weißem Untergrund ziemlich hell, der Hinterteil, weil normal innerviert, völlig hell. Brachte man jetzt den Fisch auf schwarzen Untergrund, so wurde der Hinterteil innerhalb weniger Minuten dunkel, während der Vorderteil zunächst hell blieb und nach verhältnismäßig langer Zeit erst anfing dunkel zu werden s. Protokoll auf S. 556). Im Falle einer *einfachen* Innervation ist anzunehmen, daß beim Verbringen des Fisches auf schwarzen Untergrund nur eine Hemmung des Aufhellungszentrums eintritt, d. h., der zusammenziehende Einfluß der Nerven auf die Melanophoren fällt weg. Die Melanophoren im vorderen denervierten Teil des Körpers stehen nicht mehr unter dem Einfluß der peripheren Nerven, sind aber durch hormonalen Ein-

fluß kontrahiert. Das Hormon, das diese Zusammenballung veranlaßt, ist *in allen Teilen* des *Körpers* vorhanden. Warum breiten sich die Melanophoren im hinteren Teil des Körpers rasch aus, wenn der kontrahierende Einfluß der Nerven auf schwarzem Untergrund gehemmt ist? Nimmt man eine doppelte Innervation an, dann läßt sich die schnelle Verdunkelung des hinteren Teils auf die ausbreitenden Nerven zurückführen.

In den folgenden Versuchen, die ich in diesem Zusammenhang beschreiben will, wurden Hypophysenteile entfernt. Bei Fischen, denen die Hypophyse teils oder ganz entfernt wurde und die sich auf schwarzem Untergrund befanden, war eine allmähliche Aufhellung oft zu beobachten. Nach einigen Tagen hörten sie auf, regelmäßig heller zu werden, obwohl, wie schon erwähnt, ihre Farbe von Stunde zu Stunde sehr schwankte. Sie blieben aber mehr oder weniger hell. Wurden die Fische dann auf weißen Untergrund gebracht, so wurden sie noch heller, wenn auch mit häufigen Schwankungen. Nach meist 1—2 Tagen (oder auch später) wurden die Tiere wieder auf schwarzen Untergrund gebracht. Innerhalb weniger Minuten wurden sie sehr dunkel, manchmal so dunkel wie eine normale Elritze, aber immer viel dunkler, als sie vorher auf schwarzem Untergrund waren. Diese dunkle Farbe behielten die Tiere nur für einige Stunden und hellten dann allmählich wieder auf. Brachte man sie aber wieder auf weißen Untergrund zurück, so färbten sie sich nachher auf schwarzem Untergrund wieder sehr dunkel. Dieses Ergebnis konnte ich wiederholt feststellen (s. Tabelle 15, S. 572).

Bei der Beschreibung der Funktion der Hypophyse zeigte ich, daß die zusammenballenden Fasern allein keinen dauernden Einfluß haben. Das eben beschriebene Phänomen könnte auch für ausbreitende Fasern gelten. Angenommen, daß ausbreitende Fasern vorhanden wären, so könnte man sich die Ergebnisse so erklären, daß die ausbreitenden Fasern die Ursache sind für das schnelle Dunkelwerden auf schwarzem Untergrund, aber ihren Einfluß nur für kurze Zeit ausüben, dann aber ermüden. Nach längerem Verweilen auf weißem Untergrund sind die ausbreitenden Fasern wieder imstande, weil sie während dieser Zeit nichts leisten, für einige Stunden ihre ausbreitende Wirkung auf die Melanophoren auszuüben. Beim normalen Fisch sieht man das nicht, weil der Hormonmechanismus nicht gestört ist und ehe die Nerven ermüdet sind tritt hier der hormonale Einfluß auf. Erst beim Fisch mit operierter Hypophyse kann man diese Erscheinungen beobachten.

Übt das Durchschneiden der Farbwechselnerven einen Reiz auf ausbreitende Fasern aus?

In den folgenden Versuchen habe ich Parkers Meinung, daß ein Durchschneiden eines Farbwechselnerven auf die ausbreitenden Fasern für längere Zeit einen Reiz ausübt, nachzuprüfen versucht.

Einer Elritze wurde der vordere Teil des Sympathikus durchschnitten (Bauchoperation) und der Fisch auf weißen Untergrund gestellt. Nach mehreren Tagen wurde das Tier in der denervierten Gegend hell. Schnitt man dann das Rückenmark vor dem 15. Wirbel durch, so wurde der hintere Teil dunkel und es dauerte manchmal mehrere Tage bis der ganze Fisch wieder gleichmäßig hell wurde.

Ich führe Beispiele aus den Protokollen an (Fortsetzung von Versuchen auf S. 556):

Nr. 2. 19. 11. 38. 16^{40}: 4/5—8. *20. 11.* 10^{30}: 5/6—8. *21. 11.* 12^{30}: 6—8. 12^{52}: *Rückenmarkdurchtrennung und weißes Aquarium:* 13^{02}: 5—1; 13^{31}: 4/5—0/1. *22. 11.* 13^{45}: <5—1/2. *23. 11.* 18^{05}: 5—2/3. *24. 11.* 17^{55}: 5—4. *27. 11.* 12^{35}: 6/7—5. *28. 11.* 11^{40}: 6/7—5/6.

Nr. 3. 20. 11. 38. 10^{30}: 4/5—8. *21. 11.* 13^{05}: 4/5—8; 13^{18}: *Rückenmarkdurchtrennung. Weißes Aqm.:* 13^{50}: >5—0/1. 14^{30}: 4/5—0/1. *22. 11.* 13^{46}: 4/5—1. *23. 11.* 18^{07}: 5—<3. *24. 11.* 18^{00}: 5—2/3. *27. 11.* 12^{00}: 5/6—>2. *28. 11.* 12^{00}: 5—2.

In anderen Fällen erfolgte ein völliger Ausgleich der Färbung.

In einer weiteren Versuchsreihe wurden mit drei Gruppen (a, b, c) von je zwölf Elritzen, 6,5 cm lang, folgende Untersuchungen angestellt:

Gruppe a wurde in weiße Aquarien gebracht (9. 5. 39) und nach 14 Tagen das Rückenmark vor dem 15. Wirbel durchschnitten (23. 5.). Gruppe b wurde gleichzeitig mit a in schwarze Aquarien gebracht und ebenfalls nach 14 Tagen das Rückenmark vor dem 15. Wirbel durchschnitten. Gruppe c wurde am gleichen Tage wie a und b, aber bereits mit Rückenmarkoperation in schwarze Aquarien gebracht und dort 14 Tage belassen.

Je ein Fisch aus Gruppe a und b wurde sofort nach der Operation zusammen mit einem aus Gruppe c an dem besagten 14. Tag nach Versuchsbeginn in ein weißes Aquarium gebracht (23. 5.). Zu dieser Zeit waren alle drei Fische dunkel und es wurde beobachtet, wie lange es dauerte, bis die verschieden behandelten Tiere hell wurden.

Zwischen a und b war zeitlich bis zur Aufhellung kein wesentlicher Unterschied, d. h. die Tiere der Gruppe a, die lange Zeit auf weißem Untergrund waren und viel die Melanophoren zusammenballendes Hormon im Blut hatten, brauchten nach der Rückenmarkoperation ungefähr genau so lange um hell zu werden wie die Tiere der Gruppe b, die vor der Operation in schwarzen Aquarien waren und viel weniger, vielleicht gar kein die Melanophoren zusammenballendes Hormon ansammeln konnten. Daraus kann man aber schließen, daß die Menge dieses Hormons, die zur Zeit der Durchschneidung des Rückenmarks vorhanden ist, keine Beschleunigung der Aufhellung bewirkt.

Tiere der Gruppe c dagegen wurden am schnellsten hell, obwohl sie gleich lang mit Gruppe b auf schwarzem Untergrund waren. Man kann also annehmen, daß bei beiden dieselbe Hormonmenge vorhanden war, sie unterschieden sich aber darin, daß die Fische der Gruppe c früher operiert worden waren. Aus den beiden letzten Versuchen kann man

schließen, daß das Auftreten einer Verdunkelung nach Durchschneidung der Farbwechselnerven die Folge eines aktiven Vorgangs ist (Tabelle 18).

Tabelle 18. Die Zeit, die nötig ist für eine Aufhellung auf weißem Grund nach der Durchtrennung des Rückenmarks.

Nr.	Gruppe	½ Std. nach der Operation	23. 5. 22 Uhr	24. 5. 11 Uhr	24. 5. 18 Uhr	25. 5. 12 Uhr	26. 5. 12 Uhr	27. 5. 14 Uhr	28. 5. 15 Uhr	30. 5. 16 Uhr	31. 5. 16 Uhr
1	a	3	3	3/4	3	4/5	5	5	5	5/6	5/6
2	b	0/1	3	3	< 2	< 5	5	6	5/6	6	6
3	c	1	> 4	5	> 4	5	5/6	6	> 5	< 6	5/6
4	a	3/4	3/4	3/4	3	3/4	3/4	4	3/4	> 4	4/5
5	b	< 1	2	3	3	3/4	> 4	5	5	5	5
6	c	< 1	2	3/4	> 3	3/4	< 4	4	3/4	4	4
7	a	4	3/4	2/3	> 1	2	< 3	3/4	< 5	5	5
8	b	> 0	0/1	0/1	1	1	> 1	3/4	2	2/3	1/2
9	c	> 0	> 2	4	4/5	5	5/6	5	< 5	5	5
10	a	3/4	2/3	3/4	> 4	5	5	5	5	5	> 5
11	b	0	1	1	> 1	> 1	1/2	3/4	< 5	3	2/3
12	c	1/2	3/4	4	4/5	5	5	4/5	4/5	5	5
13	a	2	0/1	1	< 1	> 1	1/2	2	2/3	3/4	4
14	b	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	starb	
15	c	1/2	3	4/5	4	4/5	4/5	5	5	5	5
16	a	> 3	3/4	2/3	3	5	6	6	> 5	5	> 5
17	b	> 1	1/2	1/2	> 1	> 1	2/3	4/5	4	4/5	4/5
18	c	0/1	2/3	2/3	> 4	5/6	5/6	5/6	5/6	6	5/6
19	a	4	3/4	> 1	1	1	1	1	1	1/2	> 2
20	b	> 1	1/2	1	< 1	2/3	< 3	2/3	4	3	2/3
21	c	0	0	0/1	> 1	2/3	< 3	4/5	3/4	4/5	4/5
22	a	2/3	< 1	0/1	0/1	1	1/2	3	4	4	4
23	b	0	0	4	3/4	4	4/5	4/5	3/4	4/5	> 3
24	c	0	< 1	1/2	> 1	2	3/4	3	1/2	2/3	2
25	a	4	2	1/2	1/2	> 1	1/2	5	4	5/6	4/5
26	b	> 0	0	0	0/1	> 0	> 0	1/2	1/2	1/2	starb
27	c	0/1	1	2	1/2	3/4	3/4	4/5	3/4	3	3/4

Parker und seine Schule beschreiben Versuche folgender Art, die an *Fundulus* und *Ameiurus* ausgeführt wurden: Quer durch die Schwanzflosse des auf hellem Untergrund gehaltenen Fisches wird ein Schnitt geführt (Abb. 12, *A—B*), der eine Verdunkelung des Feldes *A—B—C—D* zur Folge hat (nach Parker, weil die ausbreitenden Fasern gereizt sind). Im Verlauf einiger Tage hellt die verdunkelte Stelle sich wiederum auf. Diese Aufhellung führt Parker zunächst darauf zurück, daß von den Endigungen unverletzter, dem Felde *A—B—C—D* benachbarter Nerven Neurohormone eintreten, die eine zusammenballende Wirkung auf die Chromatophoren ausüben. Außerdem klinge die Intensität des durch den Schnitt bewirkten Reizes allmählich ab. Wird nun innerhalb des wieder aufgehellten Feldes der Schnitt in der Richtung *E—F* geführt, so wird nun der Streifen *E—F—D—G* verdunkelt, was Parker wiederum auf Reizung der entsprechenden Nerven durch den Schnitt zurückführt. Die von Parker aus den Ergebnissen dieser Versuche gezogenen Schlüsse haben mancherlei Kritik gefunden. Vor allem hat man dagegen angeführt, daß durch die Operationen auch das Blutgefäßsystem angegriffen wird,

so daß der Farbwechsel möglicherweise durch vasomotorische Störungen beeinflußt wird.

Analog zu den Parkerschen Versuchen habe ich folgenden Versuch gemacht: Eine nach Durchschneidung des Rückenmarks dunkel gewordene Elritze wurde bis zur Aufhellung auf weißem Untergrund gehalten. Dann wurde distal vom ersten Schnitt die Farbwechselnervenbahn durch einen neuen Schnitt unterbrochen. Zunächst habe ich den Eingriff so ausgeführt, daß ich mit einem Sichelmesser durch einen Einstich caudal von der Rückenflosse (Abb. 1 *E*) den Sympathikus durchtrennt habe. Die Folge war eine Verdunkelung des Körpers caudal vom neuen Schnitt. Um die Möglichkeit auszuschalten, daß diese Erscheinung auf der plötzlichen Ausschaltung des sekundären Aufhellungszentrums im Rückenmark beruhte, habe ich das Stück *B*—*C* des Rückenmarks entfernt. Auch dann war die Wirkung der Sympathikusdurchschneidung (bei *E*) dieselbe. Durch diese Operation habe ich natürlich außer dem Sympathikus auch Blutgefäße durchschnitten, die für die Versorgung der hinteren Körperregion wichtig sind. Die beobachtete Verdunkelung konnte also möglicherweise auch mit der veränderten Blutversorgung zusammenhängen.

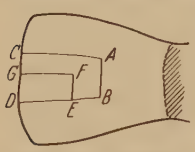

Abb. 12. Flossenschnitte nach G. H. Parker. Vgl. Text.

Ich wiederholte den Versuch, führte aber den zweiten Schnitt nicht in *E* sondern in *D*. Hier wurden wieder Blutgefäße durchschnitten, und zwar diejenigen, die die hintere Körperregion versorgen, während aber die durch die Durchschneidung betroffenen Farbwechselfasern die vordere Körperhälfte betrafen, deren Blutbahnen also nicht beeinträchtigt waren. Das Ergebnis dieser Durchschneidung war auch hier eine Verdunkelung des Körpers caudal vom Schnitt. Dies traf zu für alle Fische, gleichgültig, ob das Stück *B*—*C* des Rückenmarks entfernt war oder nicht, ausgenommen einen einzigen Fall, in dem der Fisch vor der Schnittstelle *D* etwas dunkler wurde als hinten. In diesem Fall war das Stück *B*—*C* des Rückenmarks nicht entfernt worden.

Protokollbeispiel. *15. 9. 38.* 12 Elritzen etwa 6,5 cm lang.

Den Fischen 1, 3, 5, 7, 9, 11 wurde das Rückenmark an der Stelle *A* durchschnitten.

Den Fischen 2, 4, 6, 8, 10, 12 wurde das Rückenmark zwischen den Stellen *B* und *C* entfernt.

Die Fische blieben dann in weißen Aquarien bis sie hell geworden waren.

22. 9. 18^{30} Uhr: Fischen 1 mit 6 wurde der Sympathikus einfach mit einem Sichelmesser an der Stelle *E* durchschnitten.

Fischen 7 mit 12 wurde der Sympathikus in ähnlicher Weise an der Stelle *D* durchschnitten. Ergebnis: s. S. 583 oben.

Der Versuch spricht dafür, daß tatsächlich die Blutversorgung bei der Verdunkelung eine Rolle spielt.

Jetzt führte ich eine Reihe von Versuchen in der Weise aus, daß ich nun den Sympathikus in *D* durchtrennte, ohne die Blutgefäße zu verletzen. (Über die Technik dieser Operation siehe S. 554). In allen diesen

Nr.	Stelle des Rückenmark-schnittes	22. 9. 16 Uhr vorn—hinten	23. 9. 10 Uhr vorn—hinten	23. 9. 19 Uhr vorn—hinten	24. 9. 11 Uhr vorn—hinten
1	A	5/6	5—5	7—7	5—5
2	BC	5/6	7—2	7—7	5—5
3	A	6/7	7/8—1	7—1/2 h	6—2 hh
4	BC	5	5/6—1/2	6—1	4—3 hh
5	A	< 6	6—6	6—6	6—6
6	BC	< 4	5—5	5/6—3	5—8 hh
7	A	< 6	4/5—3/4	4/5—4/5 h	3—8 hh
8	BC	5/6	5/6— < 4	5—6 h	5—8 hh
9	A	5	5—5	5—5	5—5
10	BC	2/3	2/3- 2/3	4—4 hh	2—2 hh
11	A	6/7	7—0/1	6—0/1	6—2
12	BC	2/3	3—3	4/5—4/5	3/4—3/4

10 Min. nach der Durchschneidung des Sympathikus wurden die Fische (mit Ausnahme von Nr. 10) hinten etwas dunkler, wenn nicht auf dem Rücken, mindestens auf der Seite (h = Anfang, hh = fortgeschrittener Zustand der Anämieaufhellung.)

Versuchen wurden die Fische nach der Operation dunkler, es war aber kein Unterschied in der Farbe der vor und hinter dem Schnitt gelegenen Teile des Körpers festzustellen (30 Fische). Der Versuch, eine Durchschneidung der Blutgefäße vorzunehmen, ohne den Sympathikus zu durchtrennen, war leicht durchzuführen im Falle der Vene. Aber wegen der engen Berührung zwischen der Aorta dorsalis und dem Sympathikus und seinen Verzweigungen war es unmöglich, mehr als sehr kleine Schnitte in der Aortawand anzubringen, ohne Gefahr zu laufen, gleichzeitig irgendwelche Sympathikusfasern zu verletzen. Diese Eingriffe blieben im allgemeinen ohne Einfluß auf die Färbung. In einzelnen Fällen zeigte sich zwar eine leichte Verdunkelung des ganzen Körpers, aber ohne daß Unterschiede in der Farbe der Körperregionen vor und hinter dem Schnitt auftraten.

Diese Versuche bestätigen Parkers Ergebnisse nicht. Man darf aber nicht vergessen, daß Parkers Versuche mit Fischen durchgeführt wurden, die zwar ein die Melanophoren ausbreitendes Hormon besitzen, für die aber die Existenz eines Hormons von stark zusammenballendem Einfluß, wie es die Elritze besitzt, nicht nachgewiesen ist. Es wäre immerhin denkbar, daß bei meinen Versuchen ein durch den zweiten Schnitt gesetzter Reiz, der an sich eine Ausbreitung der Melanophoren bewirken würde, überdeckt wird vom Einfluß des zusammenballenden Hypophysenhormons.

XIII. Zusammenfassung.

1. Nach Unterbrechung der Farbnervenbahn durch Zerschneidung des Rückenmarks vor dem 15. Wirbel wird die Elritze zuerst tief dunkel.

2. Auf weißem Untergrund wird sie nach einigen Tagen hell.

3. Eine solche aufgehellte Elritze mit durchtrenntem Rückenmark zeigt immer noch eine Anpassung an hellen und dunklen Untergrund.

4. Das Aufhellungszentrum im Rückenmark spielt keine wesentliche Rolle bei diesem Farbwechsel.

5. Nach Durchtrennung des Sympathikus ohne Verletzung der Blutgefäße zeigt der denervierte Teil der Haut dieselben Farbreaktionen wie die ganze Haut beim Fisch mit durchtrenntem Rückenmark.

6. Einspritzungen mit Hormonen zeigen die starke Empfindlichkeit einer solchen Elritze dem unverletzten Fisch gegenüber.

7. Implantationsversuche und Einspritzungen frisch hergestellter Hypophysenextrakte von verschiedenen Tieren führten zu widersprechenden Ergebnissen.

8. Einspritzungen von Serum aus hell und dunkel angepaßten Forellen scheinen auf die Existenz eines Verdunkelungshormons bei der Forelle hinzudeuten.

9. Nach Entfernung der Hypophyse bei Elritzen mit durchschnittenem Rückenmark können die Fische im weißen Aquarium nicht mehr hell werden.

10. Nach Entfernung der Hypophyse bei der sonst normalen Elritze zeigt der Fisch nicht mehr seine normalen Farbreaktionen. Er kann auf weißem Untergrund nicht mehr die volle Helligkeit erreichen.

Auf schwarzem Untergrund kann er eine tief dunkle Färbung nur für eine verhältnismäßig kurze Zeit halten.

11. Ein die Melanophoren zusammenballendes Hormon wird in der Hypophyse der Elritze abgesondert, und zwar wahrscheinlich im Vorderlappen.

12. Einige Beobachtungen deuten darauf hin, daß ein die Melanophoren ausbreitendes Hormon im Zwischenlappen der Hypophyse der Elritze abgesondert wird. Diese Beobachtungen sind aber nicht beweisend.

13. Die Elritze mit durchtrenntem Rückenmark wird von der Lichtintensität beeinflußt. Beleuchtung ruft eine Ausbreitung der Melanophoren hervor, während sie im Dunkeln mehr zusammengeballt sind. Der beschriebene Einfluß des Lichtes ist lokaler Art.

14. Versuche werden beschrieben die Anhaltspunkte geben, daß nicht nur die Melanophoren kontrahierende Nervenfasern, sondern auch expandierende Nervenfasern vorhanden sind.

Literaturverzeichnis.

Abolin, L.: Beeinflussung des Farbwechsels durch Chemikalien. I. Infundin- und Adrenalinwirkung auf die Melanophoren und Xanthophoren der Elritze. Arch. Entw.mechan. **104** (1925). — Beeinflussung des Farbwechsels durch Chemikalien. II. Annahme männlicher Erythrophorenfärbung durch das infundisierte Weibchen der Elritze. Akad. Anz. Wien **20** (1924). — Beeinflussung des Fischfarbwechsels durch Chemikalien. III. Einfluß centraler und peripherischer Nervengifte auf das gesamte Chromatophorensystem der Haut der Elritze. Akad. Anz. Wien **3** (1926). — **Abramowitz, A. A.:** Physiology of the melanophore system in the catfish *Ameiurus*. Biol. Bull. Mar. biol. Labor. Wood's Hole **71** (1936). —

The role of the hypophyseal melanophore hormone in the chromatic physiology of *Fundulus*. Biol. Bull. Mar. biol. Labor. Wood's Hole **73** (1937). — **Bray, A. W. L.:** The reactions of the melanophores of *Ameiurus* to light and adrenalin. Proc. nat. Acad. Sci. U.S.A. **4** (1918). — **Collin, R.** et **P. L. Drouet:** Dissociation des effets mélanophorique et érythrophorique chez le vairon sous l'influence de produits posthypophysaires. C. r. Soc. Biol. Paris **113** (1933). — **Duspiva, F.:** Der Farbwechsel von Fischembryonen. Forschgn u. Fortschr. **34** (1931). — **Fleischmann, W. u. S. Kann:** Wirkung von Hypophysenhormonen auf den Farbwechsel einiger Adriafische. Z. vergl. Physiol. **25** (1937). — **Fries, E. F. B.:** Colour changes in *Fundulus*, with special consideration of the Xanthophores. J. of exper. Zool. **60** (1931). — **Frisch, K. v.:** Beiträge zur Physiologie der Pigmentzellen in der Fischhaut. Pflügers Arch. **138** (1911). — Über farbige Anpassung bei Fischen. Zool. Jb., Phys. **32** (1912). — **Giersberg, H.:** Der Farbwechsel der Fische. Z. vergl. Physiol. **13** (1931). — Der Einfluß der Hypophyse auf die farbigen Chromatophoren der Elritze. Z. vergl. Physiol. **18** (1932). — Physiologie des Farbwechsels bei Tieren. Verh. dtsch. zool. Ges. **1934**. — **Hewer, H. R.:** Studies in colour changes of fish. I. The action of certain endocrine secretions in the minnow. Brit. J. exper. Biol. **3** (1926). — **Hogben, L. T.:** The chromatic Function in Elasmobranch Fishes. Proc. roy. Soc. Lond. B **120** (1936). — **Hogben, L. T.** and **D. Slome:** The Pigmentary Effector System VI. The dual character of endocrine coordination in Amphibian Colour Change. Proc. roy. Soc. Lond. B **108** (1931). — **Kleinholz, L. H.:** Studies in reptilian colour changes. J. of exper. Biol. **15** (1938). — **Koller, G.:** Über den Farbwechsel von Coregonenlarven. Biol. Zbl. **54** (1934). — **Koller, G. u. E. Meyer:** Versuche über den Wirkungsbereich von Farbwechselhormonen. Biol. Zbl. **50** (1930). — **Kopec, S.:** Contribution to the study of the development of the nuptial colour of fishes. C. r. Soc. Sci. Varsovie **1918**. — **Kreibich, G.:** Die antagonistische Wirkung von Infundin und Adrenalin auf das Hochzeitskleid der Bitterlinge. Akad. Anz. Wien **17** (1933). — **Kropp, B.** and **E. B. Perkins:** The action of the crustacean chromatophore activator on the melanophores of fishes and amphibians. Biol. Bull. Mar. biol. Labor. Wood's Hole **64** (1933). — **Lundstrom, H. M.** and **P. Bard:** Hypophysial control of cutaneous pigmentation in an Elasmobranch fish (*Mustelus canis*) Biol. Bull. Mar. biol. Labor. Wood's Hole **62** (1932). — **Matsushita, K.:** Studies on the colour changes of the catfish *Parasilurus asotus* L. Sci. Rep. Tôhoku Univ. IV **13** (1938). — **Mattei, di:** Arch. internat. Pharmacodynamie **34** (1928). — **Matthews, S. A.:** Color changes in *Fundulus* after Hypophysectomy. Biol. Bull. Mar. biol. Labor. Wood's Hole **64** (1933). — **Meyer, E.:** Versuche über den Farbwechsel von *Gobius* und *Pleuronectes*. Zool. Jb. Phys., **49** (1931). — **Mills, S. M.:** The double innervation of fish melanophores. J. of exper. Zool. **64** (1932a). — Evidence for a neurohumoral control of fish melanophores. J. of. exper. Zool. **64** (1932b). — **Murisier, P.:** Le pigment mélanique de la truite *(S. lacustris)* et le mécanisme de sa variation quantitative sous l'influence de la lumiére. I., II. et III. Rev. Suisse Zool. Genéve **28** (1920/21). — **Osborne, C. M.:** The role of the melanophore-dispersing hormone of the pituitary in the color changes of the catfish. Proc. nat. Acad. Sci. U.S.A. **24** (1938). — **Osterhage, K. H.:** Morphologische und physiologische Studien an Pigmentzellen der Fische. Z. mikrosk.-anat. Forsch. **30** (1932). — **Parker, G. H.:** Effects of acetylcholine on chromatophores. Proc. nat. Acad. Sci. U.S.A. **17** (1931). The cellular transmission of neurohumoral substances in melanophore reactions. Proc. nat. Acad. Sci. U.S.A. **19** (1933). — Cellular transmission of substances, especially neurohumors. J. of exper. Biol. **11** (1934a). — Neurohumors as activating agents for fish melanophores. Proc. amer. philos. Soc. **74** (1934b). — Color changes of the catfish *Ameiurus* in relation to neurohumors. J. of exper. Zool. **69** (1934c). — What part of the melanophore system in *Fundulus* is acted upon by adrenalin? J. cellul. a. comp. Physiol. **5** (1934d). — Acetylcholine and chromatophores. Proc. nat. Acad. Sci. U.S.A. **20** (1934e). — An oil-soluble neurohumor in the catfish

Ameiurus. J. of exper. Biol. **12** (1935a). — The chromatophoral neurohumors of the dogfish. J. gen. Physiol. **18** (1935b). — Melanophore responses in the young of *Mustelus canis*. Proc. amer. Acad. Arts. a. Sci. **72** (1938a). — The color changes in lizards, particularly in Phrynosoma. J. of exper. Biol. **15** (1938b). — **Parker, G. H.** and **A. J. Lanchner:** The responses of *Fundulus* to white, black and darkness. Amer. J. Physiol. **61** (1922). — **Parker, G. H.** and **H. Porter:** The control of the dermal melanophores in Elasmobranch fishes. Biol. Bull. Mar. biol. Labor. Wood's Hole **66** (1934). — **Peczenik, O.:** Über den Mechanismus der Intermedinreaktion. Z. vergl. Physiol. **19** (1933). — **Perkins, E. B.** and **B. Kropp:** The crustacean eye hormone as a vertebrate melanophore activator. Biol. Bull. Mar. biol. Labor. Wood's Hole **63** (1932). — **Pouchet, G.:** Changements de coloration sous l'influence des nerfs. J. Anat. et Physiol. **76** (1876). — **Scharrer, E.:** Die Lichtempfindlichkeit blinder Elritzen. Z. vergl. Physiol. **7** (1928). — **Smith, D. C.:** The action of certain autonomic drugs upon the pigmentary responses of *Fundulus*. J. of exper. Zool. **58** (1931a). — The influence of humoral factors upon the melanophores of fishes, especially *Phoxinus*. Z. vergl. Physiol. **15** (1931b). — **Spaeth, R. A.:** The physiology of the chromatophores of fishes. J. of exper. Zool. **15** (1913). — **Spaeth, R. A.** and **H. Barbour:** Concerning a new method for the biological standardisation of pituitary extract and other drugs. J. of Pharmacol. **11** (1918). — **Veil, C.:** Sur le mécanisme du changement de couleur chez les poissons. C. r. Acad. Sci. Paris **20** (1935). — **Waring, H.:** Chromatic behaviour of Elasmobranchs. Proc. roy. Soc. Lond. B **125** (1938). — **Wunder, W.:** Experimentelle Erzeugung des Hochzeitskleides beim Bitterling, *Rhodeus amarus*, durch Einspritzung von Hormonen. Arch. Zool. ital. **16** (1931). — **Wykes, U.:** The photic control of pigmentary responses in Teleost fishes. J. of exper. Biol. **14** (1937). — The control of photo-pigmentary responses in eyeless catfish. J. of exper. Biol. **15** (1938). — **Wyman, H.:** Blood and nerve as controlling agents for melanophores. J. of exper. Zool. **39** (1924). — **Young, J. Z.:** The photoreceptors of Lampreys. J. of exper. Biol. **12** (1935). — **Young, J. Z.** and **C. W. Bellerby:** The response of the lamprey to injection of anterior lobe pituitary extract. J. of exper. Biol. **12** (1935). — **Zondek, B.** u. **H. Krohn:** Hormon des Zwischenlappens der Hypophyse (Intermedin). I. und II. Klin. Wschr. **1932I.**

Lebenslauf.

Ich, Edward George Healey, wurde am 16. Februar 1912 als Sohn des Architekten Edward Healey und seiner Ehefrau Margaret Healey, geb. Mackenzie, in Bangkok (Siam) geboren. Ich bin von Geburt aus Engländer und besitze die englische Staatsangehörigkeit. In meinem 4. Lebensjahr kam ich nach England, wo ich dann dauernd wohnte. Von meinem 6. bis 13. Lebensjahr besuchte ich die Preparatory Schools in London und Eastbourne. Von meinem 13. Lebensjahr an besuchte ich die staatlich anerkannte Grammar Schule in Eastbourne. Dort wurde ich vorbereitet auf die School Certificate Prüfung, die ich im Juli 1928 ablegte. Im Jahre 1930 ging ich auf die Universität London und studierte ein Jahr lang Chemie, Physik, Botanik und Zoologie. Ich beabsichtigte damals, Chemiker zu werden. Darauf studierte ich drei Jahre lang Chemie, physiologische Chemie und Biologie. Von nun an richtete ich mein ganzes Interesse auf vergleichende Physiologie, und nach einem weiteren Studium von zwei Jahren legte ich die Special Bachelor of Science Prüfung ab in Zoologie mit vergleichender Physiologie als Hauptgebiet. Als Student der vergleichenden Physiologie war ich besonders interessiert für Farbwechsel und Sinnesphysiologie. Ich beschloß, unter Professor von Frisch zu arbeiten. Zu Weihnachten 1936 begann ich in München unter Professor von Frisch diese Arbeit über den Farbwechsel der Elritze.

gez. E. G. Healey.